

**UNTERSUCHUNGEN ÜBER RÜCKSTANDBILDUNG
UND KONZENTRATIONSVERHÄLTNISSE VON
HEXACHLORBENZOL IM BLUT UND IN
VERSCHIEDENEN GEWEBEN VON
SCHLACHTBAREN NUTZTIEREN**

Simpert Bauer

1979



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551927_0022

Aus dem Institut für Pharmakologie, Toxikologie und Pharmazie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Arbeit angefertigt unter Leitung von Prof. Dr. A. Schmid

UNTERSUCHUNGEN ÜBER RÜCKSTANDBILDUNG UND
KONZENTRATIONSVERHÄLTNISSE VON HEXACHLORBENZOL IM BLUT
UND IN VERSCHIEDENEN GEWEBEN VON SCHLACHTBAREN NUTZTIEREN

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Simpert Bauer
aus
Rieshofen

München 1979

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. H. Kräußlich

Referent: Prof. Dr. A. Schmid

Korreferent: Prof. Dr. W. Kreuzer

Tag der Promotion: 27. Juli 1979



1.	Verzeichnis der Werke	1
2.	Verzeichnis der Werke	2
3.	Verzeichnis der Werke	3
4.	Verzeichnis der Werke	4
5.	Verzeichnis der Werke	5
6.	Verzeichnis der Werke	6
7.	Verzeichnis der Werke	7
8.	Verzeichnis der Werke	8
9.	Verzeichnis der Werke	9
10.	Verzeichnis der Werke	10
11.	Verzeichnis der Werke	11
12.	Verzeichnis der Werke	12
13.	Verzeichnis der Werke	13
14.	Verzeichnis der Werke	14
15.	Verzeichnis der Werke	15
16.	Verzeichnis der Werke	16
17.	Verzeichnis der Werke	17
18.	Verzeichnis der Werke	18
19.	Verzeichnis der Werke	19
20.	Verzeichnis der Werke	20
21.	Verzeichnis der Werke	21
22.	Verzeichnis der Werke	22
23.	Verzeichnis der Werke	23
24.	Verzeichnis der Werke	24
25.	Verzeichnis der Werke	25
26.	Verzeichnis der Werke	26
27.	Verzeichnis der Werke	27
28.	Verzeichnis der Werke	28
29.	Verzeichnis der Werke	29
30.	Verzeichnis der Werke	30
31.	Verzeichnis der Werke	31
32.	Verzeichnis der Werke	32
33.	Verzeichnis der Werke	33
34.	Verzeichnis der Werke	34
35.	Verzeichnis der Werke	35
36.	Verzeichnis der Werke	36
37.	Verzeichnis der Werke	37
38.	Verzeichnis der Werke	38
39.	Verzeichnis der Werke	39
40.	Verzeichnis der Werke	40
41.	Verzeichnis der Werke	41
42.	Verzeichnis der Werke	42
43.	Verzeichnis der Werke	43
44.	Verzeichnis der Werke	44
45.	Verzeichnis der Werke	45
46.	Verzeichnis der Werke	46
47.	Verzeichnis der Werke	47
48.	Verzeichnis der Werke	48
49.	Verzeichnis der Werke	49
50.	Verzeichnis der Werke	50
51.	Verzeichnis der Werke	51
52.	Verzeichnis der Werke	52
53.	Verzeichnis der Werke	53
54.	Verzeichnis der Werke	54
55.	Verzeichnis der Werke	55
56.	Verzeichnis der Werke	56
57.	Verzeichnis der Werke	57
58.	Verzeichnis der Werke	58
59.	Verzeichnis der Werke	59
60.	Verzeichnis der Werke	60
61.	Verzeichnis der Werke	61
62.	Verzeichnis der Werke	62
63.	Verzeichnis der Werke	63
64.	Verzeichnis der Werke	64
65.	Verzeichnis der Werke	65
66.	Verzeichnis der Werke	66
67.	Verzeichnis der Werke	67
68.	Verzeichnis der Werke	68
69.	Verzeichnis der Werke	69
70.	Verzeichnis der Werke	70
71.	Verzeichnis der Werke	71
72.	Verzeichnis der Werke	72
73.	Verzeichnis der Werke	73
74.	Verzeichnis der Werke	74
75.	Verzeichnis der Werke	75
76.	Verzeichnis der Werke	76
77.	Verzeichnis der Werke	77
78.	Verzeichnis der Werke	78
79.	Verzeichnis der Werke	79
80.	Verzeichnis der Werke	80
81.	Verzeichnis der Werke	81
82.	Verzeichnis der Werke	82
83.	Verzeichnis der Werke	83
84.	Verzeichnis der Werke	84
85.	Verzeichnis der Werke	85
86.	Verzeichnis der Werke	86
87.	Verzeichnis der Werke	87
88.	Verzeichnis der Werke	88
89.	Verzeichnis der Werke	89
90.	Verzeichnis der Werke	90
91.	Verzeichnis der Werke	91
92.	Verzeichnis der Werke	92
93.	Verzeichnis der Werke	93
94.	Verzeichnis der Werke	94
95.	Verzeichnis der Werke	95
96.	Verzeichnis der Werke	96
97.	Verzeichnis der Werke	97
98.	Verzeichnis der Werke	98
99.	Verzeichnis der Werke	99
100.	Verzeichnis der Werke	100

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

I.	<u>EINLEITUNG</u>	1
II.	<u>LITERATURÜBERSICHT</u>	3
1.	Physikalisch-chemische Eigenschaften von Hexachlorbenzol	3
2.	Stoffwechselverhalten von Hexachlorbenzol	4
2.1.	Resorption	4
2.2.	Endogene Verteilung	5
2.3.	Metabolisierung	8
2.4.	Ausscheidung	13
2.5.	Rückstandsbildung	15
2.6.	Kinetik des HCB-Umsatzes im Organismus	20
III.	<u>EIGENE UNTERSUCHUNGEN</u>	23
1.	Problemstellung	23
2.	Versuchsplan	23
3.	Versuchstiere und Versuchstierfütterung	24
4.	Probenentnahme und -aufbewahrung	25
5.	HCB-Bestimmung	26
5.1.	Reagenzien	26
5.2.	Reinigung und Vorbereitung von Geräten bzw. Reagenzien	26
5.3.	Probenaufbereitung	27
5.3.1.	Blutaufbereitung	27
5.3.2.	Organ- und Gewebeaufbereitung	27
5.4.	Gaschromatographie	28
6.	Berechnung der Ergebnisse	29
6.1.	Untersuchungsproben	29
6.2.	Blindproben	29
6.3.	Nachweisgrenze	29
6.4.	Korrigierte HCB-Konzentration der Untersuchungsproben	30
6.5.	Bestimmung der Wiederauffindungsrate	30
6.6.	Wahre HCB-Konzentration der Untersuchungsproben	30
7.	Ergebnisse	31

7.1.	Blindwerte, Nachweisgrenzen, Wieder- auffindungsraten	31
7.2.	Fettgehalt der untersuchten Organe bzw. Gewebe	31
7.3.	Versuchsergebnisse	32
8.	Versuchsauswertung	61
8.1.	Rückstandsbildung	61
8.1.1.	Umfang der Rückstandsbildung	61
8.1.2.	Rückstandsbildung im Blut und den einzelnen Geweben	64
8.1.3.	Abhängigkeit der Rückstandsbildung von der Fütterung	65
8.1.4.	Abhängigkeit der Rückstandsbildung vom Gesundheitszustand	66
8.1.5.	Abhängigkeit der Rückstandsbildung vom Alter	67
8.1.6.	Abhängigkeit der Rückstandsbildung vom Geschlecht	68
8.1.7.	Abhängigkeit der Rückstandsbildung von der Tierart	69
8.2.	Konzentrationsverhältnisse zwischen Blut und Geweben	70
8.2.1.	Zusammenhang der Rückstandsbildung in Blut und Fettgewebe	71
8.2.2.	Zusammenhang der Rückstandsbildung in Blut und Muskulatur	73
8.2.3.	Zusammenhang der Rückstandsbildung in Blut und Leber	75
8.2.4.	Quantitative Beurteilung der Konzentrations- verhältnisse von Hexachlorbenzol in Blut und Geweben	76
8.3.	Abschätzung der HCB-Rückstände in perirenalem Fettgewebe, Muskulatur und Leber anhand von Blutproben	77
IV.	<u>DISKUSSION</u>	78
V.	<u>ZUSAMMENFASSUNG - SUMMARY</u>	82
VI.	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	86

I. EINLEITUNG

Hexachlorbenzol ist ein ubiquitär verbreitetes Umweltgift, das sich aufgrund seiner Persistenz und lipophilen Eigenschaften im Körperfett und fetthaltigen Organen von Mensch und Tier anreichert.

Neben der jahrelangen Anwendung als fungizid wirksames Getreidebeizmittel wird Hexachlorbenzol auch als Hilfsstoff in vielen technischen Bereichen verwendet. Es dient als Isolier- und Flammschutzmittel, Weichmacher bei PVC und Gummi sowie zur Holzkonservierung. Bestimmte Herbizide können Hexachlorbenzol in teilweise erheblichen Mengen als Verunreinigung enthalten. Weiterhin entsteht es als Nebenprodukt bei vielen Chlorierungsprozessen.

Als Folge des vielseitigen Einsatzes von Hexachlorbenzol und seiner hohen physikalischen und chemischen Stabilität wurden beachtliche Rückstände in Wasser, Boden und Luft, Haus-, Nutz- und Wildtieren, Lebensmitteln tierischer Herkunft und besonders beim Menschen gefunden.

Die zunehmende Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol hat die WHO und einige Länder veranlaßt, sich mit diesem Umweltgift zu befassen. In der Bundesrepublik Deutschland wurde die Anwendung von Hexachlorbenzol als Saatgutfungizid zunächst eingeschränkt und schließlich ganz verboten. Außerdem wurde eine Höchstmengenregelung für Futtermittel und Lebensmittel tierischer Herkunft erlassen. Eine praktische Konsequenz dieser Situation ist die Maßregelung von Schlachtkörpern mit erhöhten Hexachlorbenzolrückständen. Sie weckt das Bedürfnis, die Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol bei l e b e n d e n Schlachttieren abschätzen zu können, um die mit einer Maßregelung verbundenen wirtschaftlichen Schäden vermeiden und gegebenenfalls Dekorporierungsmaßnahmen einleiten zu können.

Aus dieser Situation hat sich die Problemstellung der vorliegenden Arbeit ergeben. Sie dient dem Zweck, die derzeitige Rückstandslage von Hexachlorbenzol bei schlachtbaren Nutztieren zu ermitteln und die Frage zu prüfen, ob von den Hexachlorbenzolrückständen des Blutes auf die Rückstandsbildung

in Körperfett, Muskulatur und Leber geschlossen werden kann. Wäre dies der Fall, so könnte bei Verdacht einer Höchstmengenüberschreitung durch einfache Blutuntersuchung entschieden werden, ob bei evtl. Schlachtung mit einer Maßregelung des Schlachtkörpers zu rechnen ist.

Die Arbeit ist vom BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN gefördert worden, wofür an dieser Stelle verbindlich gedankt sei.

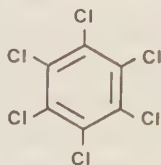
II. LITERATURÜBERSICHT

1. Physikalisch-chemische Eigenschaften von Hexachlorbenzol

Hexachlorbenzol, abgekürzt HCB, gehört zur Gruppe der chlorierten Kohlenwasserstoffe und ist auch unter der Bezeichnung Perchlorbenzol bekannt (Martin und Worthing 1977; Neumüller 1973; Perkow 1971; Windholz et al. 1976).

Die Darstellung von Hexachlorbenzol erfolgt durch elektrophile Substitution der Wasserstoffatome von Benzol durch Chlor in Gegenwart geeigneter Katalysatoren (Dane und Wille 1971; Martin und Worthing 1977). Eine spontane Bildung in der Ökosphäre ist nicht bekannt (Steinwandter und Brüne 1977).

Hexachlorbenzol hat die Summenformel C_6Cl_6 , ein Molekulargewicht von 284,8 und folgende Strukturformel (Windholz et al. 1976):



Hexachlorbenzol

Es handelt sich um farblose, nadelförmige, sublimierbare Kristalle einer Dichte von 2,044 (Neumüller 1973; Perkow 1971; Windholz et al. 1976). Sie haben einen Schmelzpunkt von 231 °C und lösen sich in Wasser von 25 °C zu 0,5 µg pro 100 ml (Weil et al. 1974); HCB löst sich gleichfalls schlecht in kaltem Äthanol, jedoch gut in Benzol, Äther und Chloroform (Martin und Worthing 1977; Neumüller 1973; Perkow 1971; Windholz et al. 1976).

Der Dampfdruck von Hexachlorbenzol beträgt $1,452 \cdot 10^{-3}$ Pa (Martin und Worthing 1977); seine Flüchtigkeit ist bemerkenswert (Klimmer 1971).

In chemischer Hinsicht ist Hexachlorbenzol reaktionsträge und deshalb gegen Säuren und Laugen weitgehend inert (Perkow 1971). Dies zeigt auch seine Thermostabilität, die zur Folge hat, daß HCB-Rückstände von weniger als 100 ppm erst bei Temperaturen von 950 °C vernichtet werden (Ahling und Lindskog 1978).

2. Stoffwechselerhalten von Hexachlorbenzol

2.1. Resorption

Die enterale Resorption von Hexachlorbenzol ist aufgrund seiner starken Lipophilie vom Fett- und Lipidgehalt des Magen-Darminhaltes abhängig.

HCB wurde aus wäßrigen Lösungen bei Kaninchen (Parke und Williams 1960) und Ratten (Koss und Koransky 1975) nur zu 4 bis 6 % resorbiert. Dagegen stieg der Resorptionsumfang nach oraler Gabe von ^{14}C -HCB in öliger Lösung auf durchschnittlich 80 % der verabfolgten Radioaktivität an (Koss und Koransky 1975). Albrow und Thomas (1974) beobachteten nach Erhöhung der Dosis eine relative Resorptionsverschlechterung. Die Resorptionsrate betrug nach oraler Applikation von 12 mg HCB/kg 81,8 %, bei 30 mg HCB/kg nur noch 72,4 %. In einem Rattenversuch ermittelten Iatropoulos et al. (1975) für Hexachlorbenzol - im Gegensatz zu Dichlorbiphenyl und Dieldrin - eine langsame enterale Resorptionsgeschwindigkeit. Die Darmwand von Ratten enthielt 3 Tage nach oraler Belastung 6 mal mehr Hexachlorbenzol als der Darminhalt, wobei die Rückstände von Darmgewebe plus Inhalt nur 2,8 % der verabreichten bzw. 3,4 % der nicht eliminierten HCB-Menge darstellten (Albrow und Thomas 1974). Während der überwiegende Teil des aufgenommenen Hexachlorbenzols aus dem Dünndarm in das Lymphsystem eingeschleust und unter Umgehung der Exkretionsorgane in fetthaltigen Geweben deponiert wird, scheint der Transportweg über die Pfortader zur Leber von untergeordneter Bedeutung zu sein (Iatropoulos et al. 1975).

Aus der Bauchhöhle wird HCB in öliger Lösung rasch und nahe-

zu vollständig resorbiert (Koss et al. 1976).

Parke und Williams (1960) fanden am 5. Tag nach subkutaner Applikation noch 75 % der in Öl gelösten HCB-Dosis in der Umgebung der Injektionsstelle.

Hexachlorbenzol wird auch über die Lunge aufgenommen und kann in Form einer Emulsion oder einer öligen Lösung die intakte Haut durchdringen. Burns et al. (1974) stellten im Blut von 19 Pflanzenspritzern, die ein mit 8 bis 9 % HCB verunreinigtes Voraufdauerbizid auf die Felder sprühten, beachtliche Hexachlorbenzolwerte fest. Blutproben von beruflich exponierten Arbeitern enthielten im Durchschnitt 20 mal höhere HCB-Konzentrationen als Blut von Kontrollpersonen (Lunde und Bjorseth 1977). Burns und Miller (1975) fanden eine positive Korrelation zwischen den HCB-Rückständen im Staub von Wohnungen aus der Umgebung eines Transportweges für Chemieabfälle im US-Staat Louisiana und den Plasmakonzentrationen der dort lebenden Personen.

Avrahami und Steele (1972a) berichten über eine große Kontaminationsgefahr beim Umgang mit Hexachlorbenzol an Schafen. Hierbei wiesen die auf einer Weide mit den Testschafen gehaltenen Kontrolltiere signifikante HCB-Rückstände im Körperfett auf. Ähnliche Beobachtungen wurden auch mit anderen Kontrolltieren gemacht, die in unmittelbarer Nähe von den kontaminierten Tieren aufgestellt waren (Hansen et al. 1977; Kuiper-Goodman et al. 1977; Rohleder et al. 1976).

2.2. Endogene Verteilung

Hexachlorbenzol wird unabhängig von Geschlecht (Rozman et al. 1975), verabfolgter Dosis und Applikationsart (Koss und Koransky 1975) im ganzen Organismus verteilt (Courtney et al. 1976; Iatropoulos et al. 1975; Koss et al. 1978; Kuiper-Goodman et al. 1977; Mehendale et al. 1975; Morita und Oishi 1975; Rozman et al. 1978; Villeneuve 1975; Villeneuve et al. 1974).

Die HCB-Verteilung auf die verschiedenen Körpergewebe von weiblichen Ratten war nach oraler bzw. intraperitonealer Belastung zwischen dem 2. und 5. Versuchstag abgeschlossen (Koss

und Koransky 1975). Yang und Pittman (1975) beobachteten nach intravenöser Injektion von Hexachlorbenzol an einem weiblichen Rhesusaffen in den ersten 6 Stunden eine schnelle Abnahme der Plasmakonzentration, danach einen langsameren Abfall. Bei Ratten erreichten die HCB-Konzentrationen nach intraperitonealer Applikation in den meisten Organen innerhalb von 6 bis 12 Stunden ein Maximum. In den folgenden 14 Tagen nahmen die HCB-Gehalte der einzelnen Organe schnell ab. Vom 14. bis 56. Tag blieben die Rückstandswerte fast konstant (Morita und Oishi 1975). Kuiper-Goodman et al. (1977) ermittelten in den verschiedenen Geweben von Ratten ebenfalls anfangs einen schnellen Konzentrationsanstieg mit Gleichgewichtseinstellung nach dreiwöchiger oraler HCB-Belastung.

Hexachlorbenzol weist eine ausgesprochene Fettaffinität im tierischen Organismus auf, wobei zwischen den einzelnen Geweben und ihrem Fettgehalt eine direkte Abhängigkeit besteht (Avrahami und Steele 1972b). Das endogene Verteilungsmuster von Hexachlorbenzol ist deshalb bei allen Versuchstieren ähnlich. Das Fett als Hauptspeichergewebe enthielt bei den meisten Untersuchungen 20 bis 60 mal höhere Rückstandswerte als Leber, Gehirn, Niere und Milz (Koss et al. 1978; Kuiper-Goodman et al. 1977; Yang und Pittman 1975). Die niedrigsten Konzentrationen wurden regelmäßig in Blut und Muskelgewebe gefunden (Koss und Koransky 1975). Die HCB-Rückstände im Körperfett lagen je nach Tierart und verabreichter Dosis mit starken Schwankungen um den Faktor 60 bis 1 000 über den Blutkonzentrationen (Avrahami und Steele 1972a; Den Tonkelaar et al. 1978; Gralla et al. 1977; Koss und Koransky 1975; Koss et al. 1978; Kuiper-Goodman et al. 1977; Rozman et al. 1978). Nach Rozman et al. (1978) laufen ansteigende Gewebekonzentrationen parallel mit erhöhten HCB-Werten im Blut.

Fries und Marrow (1977) fanden bei Bullen nach Kurzzeitbelastung eine unterschiedliche HCB-Verteilung in den einzelnen Fettdepots, wobei perikardiales Fett niedrigere und perirenales Fettgewebe höhere Werte als omentales, mesenteriales und subkutanes Fett enthielt. Die Konzentrationen von Herz und Nieren (bezogen auf Fettbasis) waren mit den HCB-Rückständen

in anderen Geweben vergleichbar, während die Leberwerte etwa 5 mal höher lagen. Als zentrales Stoffwechselorgan ist die Leber offensichtlich in der Lage, mehr Hexachlorbenzol in ihrem Fett zu lösen als die anderen Körpergewebe. Im Gegensatz dazu zeigte HCB bei etwa 50 % der Versuchsschweine die Tendenz, sich homogen in den 10 untersuchten Geweben und Organen zu verteilen. Die höchsten Rückstände wurden ebenfalls in der Leber und außerdem in der Niere festgestellt. Zwischen den HCB-Konzentrationen in verschiedenen Depotfett- und Muskelproben konnte bei Bezug auf Fettbasis kein signifikanter Unterschied beobachtet werden (Faßbender et al. 1977).

Über die endogene Verteilung von Hexachlorbenzol beim Huhn informiert Abbildung 1 (Koch 1977).

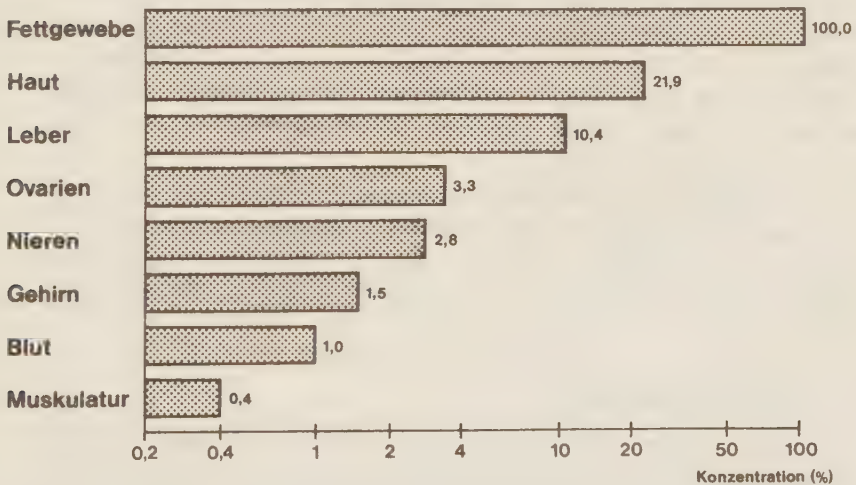


Abb. 1: Hexachlorbenzolverteilung bei Legehennen nach 70 tägiger oraler HCB-Verabreichung

Aus der Abbildung 1 ist ersichtlich, daß Hexachlorbenzol eine starke Affinität zu fetthaltigen Organen und Geweben besitzt.

Durch Futterbeschränkung wurde bei Ratten das Verteilungsmuster von Hexachlorbenzol gestört. Es kam dabei zu einer HCB-

Mobilisierung aus dem Depotfett mit Neuverteilung und Konzentrationserhöhung in allen Körpergeweben (Villeneuve 1975; Villeneuve et al. 1977).

Ein placentarer Transfer von Hexachlorbenzol wurde bei graviden Kühen (Rohleder et al. 1976), Kaninchen (Villeneuve et al. 1974), Ratten und Mäusen (Mendoza et al. 1977; Mendoza et al. 1978) nachgewiesen. Der HCB-Gehalt akkumulierte in den Fetten dosisproportional (Villeneuve et al. 1974), wobei die Rückstände in den Placenten stets größer als in den korrespondierenden Fetten waren (Andrew und Courtney 1976). In der Leber von Kaninchenfetten reicherte sich Hexachlorbenzol viel stärker an als im entsprechenden maternalen Organ und umfaßte 70 bis 80 % des fetalen HCB-Gehaltes (Villeneuve et al. 1974).

Mendoza et al. (1978) schreiben dem HCB-Übergang in die Milch größere Bedeutung zu als dem placentaren Weg. In einem Rattenversuch tauschten sie die Jungen von belasteten und unbelasteten Müttern sofort nach der Geburt aus und stellten fest, daß die Transmission von Hexachlorbenzol über die Milch größere Wirkungen auf die Lebergewichte der Säuglinge hat als der placentare Übergang.

Bei Vögeln überwindet Hexachlorbenzol die transovarielle Schranke und konnte deshalb in Eiern nachgewiesen werden (Avrahami und Steele 1972b, Avrahami und Steele 1972c; Kan und Tuinstra 1976; M. Schmid 1977; Vogt et al. 1975; Vos et al. 1968).

2.3. Metabolisierung

Die Biotransformation von Hexachlorbenzol im Warmblüterorganismus wurde bisher noch nicht vollständig aufgeklärt.

Parke und Williams (1960) konnten bei Kaninchen weder in der Expirationsluft noch in Harn und Kot HCB-Metaboliten eindeutig nachweisen. Metcalf et al. (1973) untersuchten die Metabolisierung von Hexachlorbenzol in der Nahrungskette von Algen, Plankton und Fischen. Neben Pentachlorphenol fanden sie noch drei polare Abbauprodukte. Bei Versuchen mit einer Schimmelpilzkultur identifizierten Engst et al. (1975) Pentachlorbenzol als einzigen Metaboliten in geringer Konzentration, dessen

Hauptmenge zwischen dem 17. bis 52. Tag nach der HCB-Inkubation entstand. In weiteren Untersuchungen wurde über die Bio-transformation von Hexachlorbenzol berichtet.

Aus der folgenden Tabelle 1 sind die in Harn, Kot und Körpergeweben von Ratten und Rhesusaffen nachgewiesenen HCB-Metaboliten zu entnehmen.

Tab. 1: Abbauprodukte von Hexachlorbenzol in Harn, Kot und Gewebe

Metabolit	Harn	Kot	Gewebe	Literatur
Pentachlorphenol	+++	+	+	Engst et al. 1976; Jansson und Bergman 1978; Koss et al. 1976; Koss et al. 1978; Koszo et al. 1978; Mehendale et al. 1975; Rozman et al. 1975; Rozman et al. 1977; Rozman et al. 1978; Lui und Sweeny 1975
Pentachlorbenzol	++	+	+	Engst et al. 1976; Jansson und Bergman 1978; Koss et al. 1976; Koss et al. 1978; Koszo et al. 1978; Mehendale et al. 1975; Rozman et al. 1975; Rozman et al. 1977; Rozman et al. 1978; Lui und Sweeny 1975
Tetrachlorbenzol	+	-	-	Mehendale et al. 1975; Rozman et al. 1975; Rozman et al. 1978
Tetrachlorphenol	+	-	-	Engst et al. 1976
Trichlorphenol	+	-	-	Koss et al. 1976; Renner und Schuster 1977
Tetrachlorhydrochinon	+	-	+	Koss et al. 1976; Koss et al. 1978
Pentachlorthiophenol	+	+	-	Koss et al. 1976; Koss et al. 1978; Jansson und Bergman 1978

Fortsetzung Tab. 1: Abbauprodukte von Hexachlorbenzol in Harn, Kot und Geweben

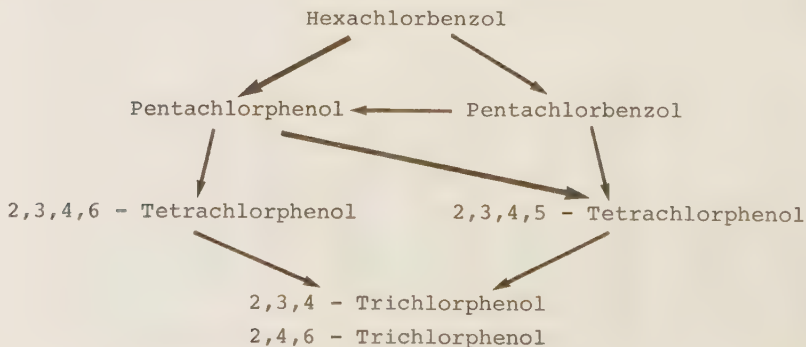
Metabolit	Harn	Kot	Gewebe	Literatur
Isomeres von Tetra-chlorthiophenol	+	-	-	Koss et al. 1976
Methylthiopenta-chlorphenol	+	+	+	Jansson und Bergman 1978
Tetrachlorthiophenol und/oder Methylthio-tetrachlorthiophenol	+	(+)	-	Jansson und Bergman 1978
Methylthiotetra-chlorphenol	(+)	(+)	-	Jansson und Bergman 1978
Bis-(methylthio)-tetrachlorphenol	(+)	+	(+)	Jansson und Bergman 1978
Tetrachlorthiophenol	-	(+)	-	Jansson und Bergman 1978
Pentachloranisol	+	+	+	Jansson und Bergman 1978

Metabolitenanteile: +++ > 50 %; ++ = 10 bis 50 %; + < 10 %; (+) = Spur

Der Metabolisierungsumfang von Hexachlorbenzol erstreckte sich bei Ratten auf ca. 16 % einer intraperitonealen Einzeldosis von 260 bzw. 390 mg/kg Körpergewicht innerhalb einer 4 wöchigen Versuchsdauer. Während im Urin über 90 % der ausgeschiedenen Substanz auf HCB-Abbauprodukte entfielen, waren es im Kot rund 30 % (Koss et al. 1976). Rozman et al. (1975) fanden in den Faeces von männlichen und weiblichen Ratten etwa 3,6 % Pentachlorbenzol, bei Rhesusaffen nur 1,1 % Pentachlorbenzol und ca. 0,3 % Pentachlorphenol. Im Harn von anderen Rhesusaffen wurde bei einem Langzeitversuch der Hauptmetabolit Pentachlorphenol zu 50 bis 70 % ermittelt; die verbleibenden 25 bis 50 % entfielen auf Pentachlorbenzol, Tetrachlorbenzol und Hexachlorbenzol (Rozman et al. 1978).

In den Körpergeweben wurden nur geringe Mengen an HCB-Metaboliten nachgewiesen (Jansson und Bergman 1978; Koss et al. 1976; Mehendale et al. 1975; Rozman et al. 1975). Die Erythrozyten von Rhesusaffen enthielten - im Gegensatz zum Plasma - ca. 5 % Pentachlorphenol (Rozman et al. 1978).

Als Metabolisierungsreaktionen werden neben der oxidativen Hydroxylierung (Engst et al. 1976; Lui und Sweeny 1975), eine reduktive Dehalogenierung mit teilweisem Umbau zu polaren Verbindungen, wie z.B. Pentachlorphenol (Mehendale et al. 1975) und ein Abbau zu schwefelhaltigen Metaboliten (Koss et al. 1976; Jansson und Bergman 1978) diskutiert. Nach Engst et al. (1976) erfolgt der Abbau von Hexachlorbenzol nach folgendem Schema:



Der Metabolisierungsweg von Hexachlorbenzol zu Pentachlorbenzol scheint nur von untergeordneter Bedeutung zu sein. Dem Pentachlorphenol kann offensichtlich eine Schlüsselfigur im HCB-Abbau zugeschrieben werden (Engst et al. 1976). Neben den dechlorierten und/oder hydroxylierten Metaboliten wurden in Exkreten und verschiedenen Geweben von Ratten noch schwefelhaltige Derivate entdeckt (Jansson und Bergman 1978; Koss et al. 1976). Jansson und Bergman (1978) vertreten die Ansicht, daß die Methylthio-Derivate durch Konjugation mit Aminosäuren oder Proteinen gebildet werden. In Exkreten von Ratten wurden Substanzen mit zwei schwefelhaltigen Gruppen in größerer Menge gefunden als die vergleichbaren monosubstituierten Metaboliten.

2.4. Ausscheidung

Die Elimination von Hexachlorbenzol erfolgt hauptsächlich in Kot, Milch und Eiern. Andere Ausscheidungswege, wie z.B. die Lunge, sind quantitativ ohne Bedeutung (Koss und Koransky 1975; Parke und Williams 1960; Yang und Pittman 1975).

Yang und Pittman (1975) fanden nach intravenöser ^{14}C -HCB-Injektion bei einem weiblichen Rhesusaffen bis zum 100. Versuchstag nur ca. 17,1 % der applizierten Dosis in den Faeces und ca. 1,8 % im Urin. Im Kot von weiblichen Ratten wurden 2 Wochen nach intraperitonealer Verabreichung von 4 mg gelöstem ^{14}C -HCB/kg 34 %, im Harn nur 5 % der verabfolgten Radioaktivität ausgeschieden (Koss und Koransky 1975). Ähnliche Ergebnisse erreichten Koss et al. (1976) auch nach oraler Belastung. Rhesusaffen schieden nach 550 tägiger oraler Verabreichung von 110 µg ^{14}C -HCB/Tier 51,1 % im Kot und 6,1 % im Harn aus (Rozman et al. 1978).

Weder bei Ratten noch bei Rhesusaffen bestanden echte Unterschiede in der HCB-Ausscheidung zwischen den Geschlechtern. Die weiblichen Individuen beider Spezies zeigten jedoch eine leichte Tendenz zu höherer Ausscheidung im Urin und geringere HCB-Elimination über die Faeces als die Männchen (Rozman et al. 1975; Rozman et al. 1977; Rozman et al. 1978).

Im Kot erscheint vorwiegend unverändertes Hexachlorbenzol

(Koss und Koransky 1975; Rozman et al. 1977; Rozman et al. 1978), das im Magen-Darmtrakt nicht resorbiert oder über die Galle, die Gastrointestinaldrüsen und die Schleimhautmucosa wieder in den Verdauungskanal sezerniert wurde. Es besteht sogar die Möglichkeit eines enterohepatischen Kreislaufs, wobei das in den Dünndarm ausgeschiedene Hexachlorbenzol erneut resorbiert wird (A. Schmid 1978).

Mehr als 90 % der im Urin von Ratten ausgeschiedenen radioaktiven Substanzen entfielen auf HCB-Abbauprodukte (Koss und Koransky 1975; Koss et al. 1976).

Von großer lebensmittelhygienischer Bedeutung ist bei weiblichen Tieren die schnelle Ausscheidung von Hexachlorbenzol über die Milchdrüse (Fries und Marrow 1976; Rohleder et al. 1976; Van den Hoek et al. 1975) und den Eierstock (Avrahami und Steele 1972b; Kan und Tuinstra 1976; Vogt et al. 1975). Aufgrund seines lipophilen Charakters wird Hexachlorbenzol in den Milch- und Dotterfetten gelöst. Rohleder et al. (1976) untersuchten den HCB-Übergang in die Kuhmilch. Sie verabreichten 50 mg HCB pro Kuh und Tag über einen Zeitraum von 10 Tagen. Die maximale Ausscheidung von 3,8 mg/kg Milchfett konnte am 12. Tag nach Beendigung der HCB-Belastung ermittelt werden. Bis zum 20. Tag war ein schneller, danach ein langsamer Konzentrationsabfall in der Milch zu verzeichnen. Die nach der Höchstmengenverordnung für tierische Lebensmittel (1973) zulässige Toleranzkonzentration von 0,5 ppm, bezogen auf Milchfett, wurde erst am 100. Tag nach Unterbrechung der HCB-Zufuhr unterschritten. Bis zum Ende der restlichen Laktation wurden insgesamt 20 bis 30 % der zugeführten HCB-Dosis ausgeschieden. Weitere 3 % erschienen in den ersten 80 Tagen der darauffolgenden Laktationsperiode. Van den Hoek et al. (1975) errechneten bei 2 Kühen einen HCB-Übergang in die Milch von 19,7 bzw. 25,8 % der täglichen oralen Aufnahme.

Die HCB-Ausscheidung über das Hühnerei wurde bei Fütterungsversuchen zu 35 bis 55 % der aufgenommenen Tagesmenge bestimmt (Kan und Tuinstra 1976; M. Schmid 1977).

Nach 6 monatiger Verabreichung von HCB-haltigem Futter an Legehennen ergaben sich folgende Werte in den verschiedenen Eibestandteilen (Vogt et al. 1975):

HCB-Gehalt im Futter (ppm)	HCB-Konzentrationen (ppm) in		
	Ei (ohne Schale)	Dotter	Dotterfett
0,10	0,11	0,40	1,23
0,25	0,25	0,90	2,76
0,50	0,43	1,50	4,60

Am geringsten ist der HCB-Gehalt im fettarmen Eiklar, das mehr als 1 000 mal niedrigere Konzentrationen aufwies als der Dotter. Somit erscheint das Weißer auch bei starker Umweltkontamination in dieser Hinsicht als Nahrungsmittel unbedenklich (M. Schmid 1977).

2.5. Rückstandsbildung

Aufgrund der hohen Fettaffinität von Hexachlorbenzol erfolgt eine dosisabhängige Speicherung in allen lipidhaltigen Geweben des menschlichen und tierischen Organismus. Durch seine Affinität zum Körperfett und seine geringe Metabolisierungsrate kumuliert Hexachlorbenzol in den einzelnen Organen und Geweben entsprechend ihren Fettanteilen (Avrahami und Steele 1972b; Kommission zur Prüfung von Rückständen in Lebensmitteln 1976). Bei chronischer HCB-Belastung stellt sich in Abhängigkeit von der Aufnahme- und der Ausscheidungsmenge innerhalb von 4 bis 9 Wochen ein Fließgleichgewicht ein (Avrahami und Steele 1972c; Koss et al. 1978).

Zwischen der Futterkonzentration und der HCB-Akkumulation in verschiedenen Körpergeweben bestehen Korrelationen, die sich durch lineare Gleichungen beschreiben lassen (Dunn et al. 1977). Als Maß für den quantitativen Übergang von Hexachlorbenzol aus dem Futter in das Fettgewebe wurden bei verschie-

denen Tierarten und HCB-Konzentrationen folgende Anreicherungsfaktoren ermittelt:

Tierart	HCB-Konzentration im Futter (ppm)	Akkumu- lierungs- faktor	Literatur
Schafe	0,1 - 100	7 - 9	Avrahami und Steele 1972a
Schweine	0,1 - 100	6 - 7	Avrahami 1975
Schweine	0,01 - 1	8,2	Faßbender et al. 1977
Schweine	1 - 100	5 - 7	Hansen et al. 1977
Mastgeflügel	0,01 - 0,1	17	Kan und Tuinstra 1976
Mastgeflügel	0,0006 - 0,12	11 - 18	Reed et al. 1977
Legehennen	0,1 - 100	20 - 31	Avrahami und Steele 1972b

Ähnliche Verhältnisse gelten auch für die HCB-Anreicherung in Milch und Eiern. HCB-Gehalte von weniger als 1 mg/kg im Futter können sich in Milch- und Dotterfett um das 9 bis 30 fache anreichern (Downey 1971; Vogt et al. 1975). Nach Vreman und Poortvliet (1977) kann die zulässige Konzentration eines Pestizids im Futter von der erlaubten Höchstmenge im MilCHFett abgeleitet werden.

Über die verschiedenen Nahrungsketten gelangt Hexachlorbenzol mittelbar oder unmittelbar in den Endverbraucher Mensch, in dessen Blut (Siyali 1972; Burns und Miller 1975; Richter und Schmid 1976), Fettgewebe (Acker und Schulte 1970; Acker und Schulte 1971; Acker und Schulte 1974; Bjorseth et al. 1977; Brady und Siyali 1972; Curley et al. 1973; Pesendorfer et al. 1973; Siyali et al. 1974; Steinwandter und Brüne 1977), Milch (Acker und Schulte 1970; Acker und Schulte 1971; Mahe-lova et al. 1977; Newton und Greene 1972; Siyali 1973; Stacey und Thomas 1975; Wegman und Greve 1974) und Leber (Bjorseth et

al. 1977) beachtliche HCB-Rückstände nachgewiesen wurden. Von großer Bedeutung für die zum Teil erhebliche HCB-Belastung des Menschen waren in den letzten Jahren die Lebensmittel tierischer Herkunft. Über die HCB-Kontamination des Fettgewebes schlachtbarer Nutztiere sowie von Milch und Eiern informieren die Abbildungen 2 und 3.

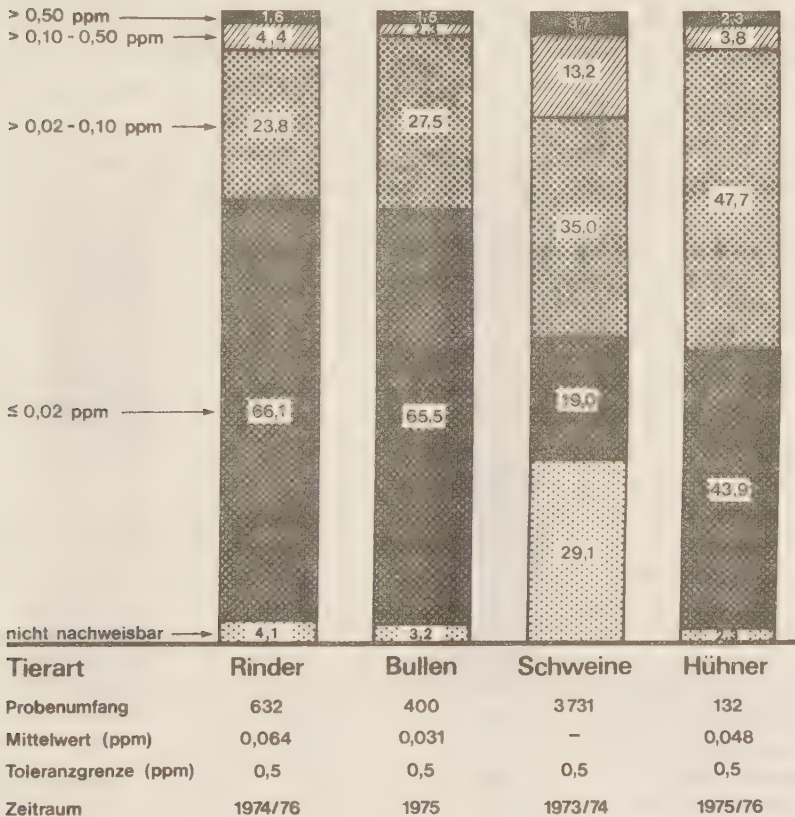


Abb. 2: HCB-Rückstände im Fettgewebe schlachtbarer Nutztiere (prozentuale Rückstandshäufigkeit)

Aus der Abbildung 2 sind die HCB-Rückstände im Depotfett von Schlachttieren an mehreren bayerischen Schlachthöfen (Knöppler 1976; Knöppler et al. 1975) und Geflügelschlächtereien (Dorn und Knöppler 1977) ersichtlich. Nur 1,58 % der Rinderproben und 1,50 % der Fettproben von Mastbullen überschritten die zulässige HCB-Höchstgrenze. Dagegen lagen die Schweine mit 3,65 % (136 Tiere) über der Toleranzgrenze, wobei 20 Werte zwischen 10,0 und 93,79 ppm HCB lagen. In 2,27 % der Fettgewebeproben von Suppenhennen konnten HCB-Werte über dem gesetzlich festgelegten Toleranzwert nachgewiesen werden.

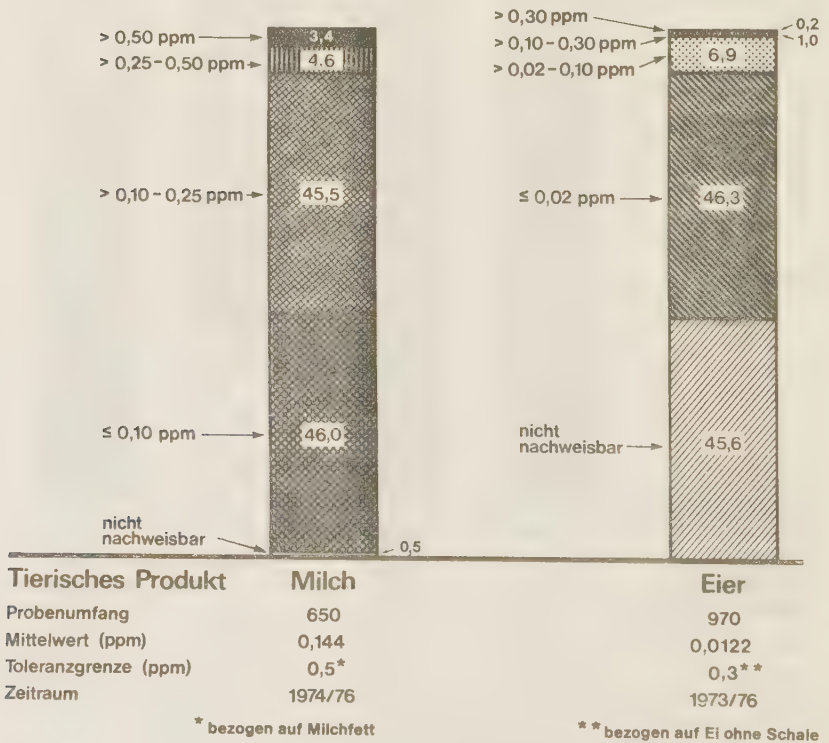


Abb. 3: HCB-Rückstände in Milch und Eiern
(prozentuale Rückstandshäufigkeit)

Die Abbildung 3 zeigt die HCB-Rückstände in 650 Milchproben aus 50 Erzeugerbetrieben des Milcheinzugsgebietes Ingolstadt (Knöppler 1976) und 970 Eiprobe n aus bayerischen Ablegebetrieben (Dorn und Knöppler 1977). Während bei den Eiern lediglich 2 HCB-Werte (0,21 %) oberhalb der zulässigen Höchstgrenze lagen, überstiegen diese bei den Milchproben 3,38 % (22 HCB-Werte).

Vergleichbare Ergebnisse wurden auch in anderen Untersuchungen von Lebensmitteln tierischer Herkunft erzielt (Attig et al. 1973; Cerna et al. 1976; Clauß und Acker 1975; Ewald et al. 1976; Gropp und Kölling 1974; Heeschen et al. 1976; Lora et al. 1977; Luquet et al. 1975; Meemken 1975; Meyer 1974; Tolle et al. 1973; Villar et al. 1977), wobei allgemein die Tendenz für eine Abnahme der HCB-Rückstände besteht. Insbesondere bei Raubtieren, die als Endglieder von Nahrungsketten angesehen werden können, sanken die Rückstandswerte in den letzten 5 Jahren sehr stark ab (Baum und Conrad 1978).

2.6. Kinetik des HCB-Umsatzes im Organismus

Die Verteilungsräume von Hexachlorbenzol im Organismus können durch folgendes Modell veranschaulicht werden (A. Schmid 1977):

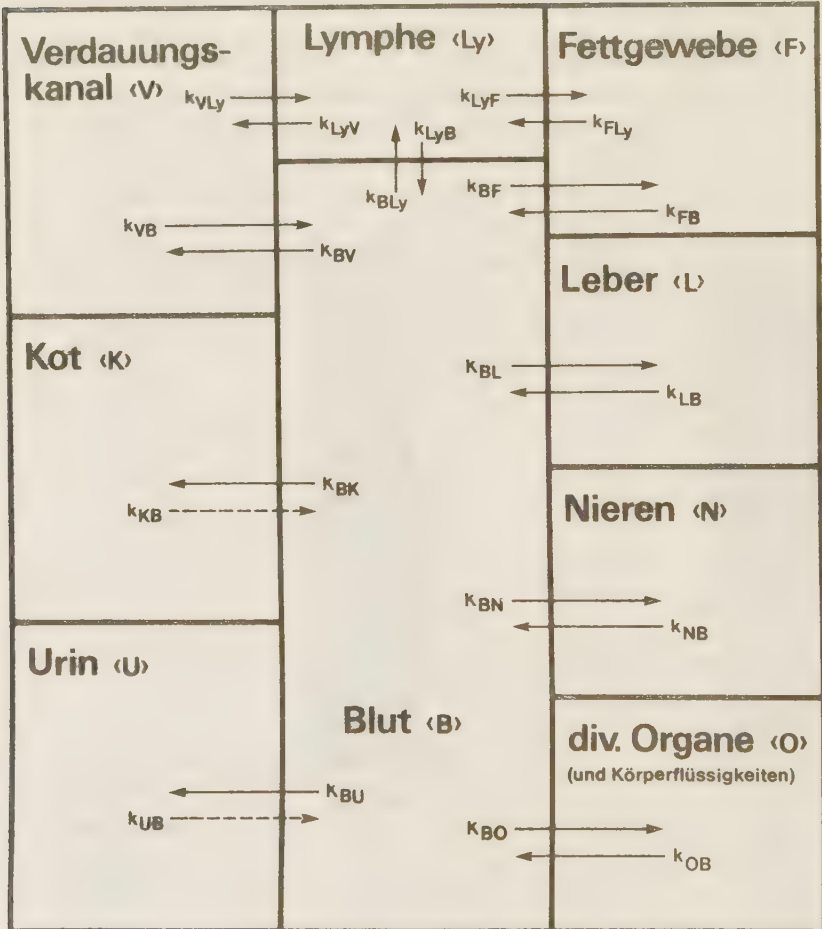


Abb. 4: Potentielle Verteilungsräume (R) von Hexachlorbenzol im Organismus (k_{ij} , k_{ji} : Geschwindigkeitskonstanten)

Nach A. Schmid (1977) stellt der Organismus ein Multicompartmentsystem für Hexachlorbenzol dar, wobei jedes Compartment - jeder Verteilungsraum wie z.B. das Fettgewebe - von einem abgrenzbaren Körpervolumen mit spezifischen Eigenschaften gebildet wird. Die Summe aller Verteilungsräume ergibt das Verteilungsvolumen von Hexachlorbenzol im Organismus.

In funktioneller Hinsicht unterstellt das Modell einen passiven (non ionic diffusion) bidirektionalen HCB-Transport (Hin- und Rücktransport) zwischen den korrespondierenden Verteilungsräumen (s. Transportpfeile in Abb. 4), wobei die pro Zeit- und Konzentrationseinheit transportierte HCB-Menge durch die für jeden Verteilungsraum spezifische Geschwindigkeitskonstante k_{ij} bzw. k_{ji} beschrieben wird, während sich der Netto-transport pro Zeit- und Konzentrationseinheit von einem Verteilungsraum R_i in einen Verteilungsraum R_j als Differenz k_{ij} minus k_{ji} ergibt.

Wenn das in der Umwelt verbreitete Hexachlorbenzol mit dem Futter aufgenommen wird, stellt der Verdauungskanal das Eingangscompartment des Organismus dar, in welchem Hexachlorbenzol - bei konstanter Futterzusammensetzung - in annähernd konstanter Konzentration vorliegt. Von hier diffundiert Hexachlorbenzol in Blut und Lymphe, welche seinen Weitertransport in die übrigen Verteilungsräume besorgen. Liegt in einem Verteilungsraum R_j initial kein Hexachlorbenzol vor, so wird dessen Rückfluß in den Verteilungsraum R_i des Transportmediums anfänglich gering sein, mit zunehmender HCB-Konzentration C_j im Verteilungsraum R_j jedoch ansteigen bis schließlich ein Gleichgewicht zwischen der in den Verteilungsraum hineindiffundierenden HCB-Menge M_{ij} und der rückdiffundierenden Menge M_{ji} besteht. Bei eingetretenem Verteilungsgleichgewicht gilt deshalb

$$dM_{ij}/dt = dM_{ji}/dt \text{ bzw. } k_{ij}C_i = k_{ji}C_j$$

Diese Beziehung gilt für alle Verteilungsräume. Ihre Umformung ergibt

$$C_j = C_i k_{ij} / k_{ji}$$

was besagt, daß nach Gleichgewichtseinstellung in jedem Verteilungsraum eine spezifische HCB-Konzentration vorliegt, deren Höhe von der Konzentration C_i des Transportmediums und dem Quotienten der betreffenden Geschwindigkeitskonstanten abhängt.

Da bei chronischer HCB-Aufnahme mit einem Futter gleicher Zusammensetzung (Winterfütterung, Sommerfütterung) eine Gleichgewichtseinstellung der HCB-Verteilung im Organismus anzunehmen ist, und die HCB-Konzentration des Transportmediums von der Konzentration im Verdauungskanal bzw. Futter linear abhängt, sind die HCB-Konzentrationen der einzelnen Verteilungsräume der HCB-Konzentration des Futters linear proportional. Weil unter diesen Voraussetzungen außerdem die HCB-Konzentration im Verdauungskanal praktisch konstant ist, gilt dies auch für die Konzentration C_i im Transportmedium und damit das Produkt $C_i k_{ij}$ der vorstehenden Gleichung. Dies zeigt, daß die spezifischen HCB-Rückstände in den einzelnen Verteilungsräumen bei konstant und chronisch aufgenommenen Umweltgiften von den betreffenden Geschwindigkeitskonstanten k_{ji}^{-1} bestimmt werden.

Zusammenfassend ergibt sich aus den vorstehenden Darlegungen, daß die Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol in Körperflüssigkeiten, Organen und Geweben bei Daueraufnahme von HCB-haltigem Futter einer quasi konstanten Zusammensetzung

- konstant aber verschieden,
- der HCB-Konzentration des Futters linear proportional und
- der Evasionskonstante k_{ji} des einzelnen Verteilungsraumes reziprok proportional ist.

Die Rückstandskonzentrationen in Körperflüssigkeiten, Organen und Geweben sollten unter diesen Voraussetzungen in einem konstanten Verhältnis stehen.

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Problemstellung

Gegenstand der eigenen Untersuchungen ist die experimentelle Ermittlung der HCB-Konzentration in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von Rindern (Bullen, Kühen, Färsen und weiblichen Kälbern), weiblichen Schafen und männlichen sowie weiblichen Schweinen bei Winter- und Sommerfütterung.

Die Ergebnisse sollen Aufschluß geben über

- a) die derzeitige Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol in verwertbaren Organen und Geweben von schlachtbaren Nutztieren und
- b) eine eventuelle Korrelation zwischen der HCB-Konzentration im Blut einerseits und den genannten Geweben andererseits in der Absicht, gegebenenfalls durch eine Blutuntersuchung v o r der Schlachtung Aufschluß über die Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol in verwertbaren Geweben zu erhalten und damit Maßregelungen von Schlachttieren wegen Überschreitung der Toleranzgrenze für Hexachlorbenzol (0,5 ppm, bezogen auf Fett) zu vermeiden.

2. Versuchsplan

Die Untersuchungsproben wurden im Winter (Januar bis März 1978), in der Übergangszeit von der Trocken- zur Grünfütterung (Mai 1978) und im Sommer (Juli bis September 1978), entnommen. Gleichzeitig wurde bei der Probenentnahme nach Geschlecht, Tierart und Alter unterschieden, sowie bei den Rindern und Schafen die Schlachtmasse in Kilogramm (= Zweihälftenmasse ohne Innereien und Kopf) registriert. Die Schlachtschweine hatten ein mittleres Mastendgewicht von 105 kg.

Versuchstierart und Geschlecht sowie Art und Zahl der Untersuchungsproben gehen aus der folgenden Übersicht hervor.

Fütterung, Tierart und Geschlecht	Untersuchungsproben			
	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
<u>Winterfütterung</u>				
Bullen	20	20	20	20
Milchkühe	20	20	20	20
Kühe, Notschlacht.	10	10	10	10
Färsen	10	10	10	10
Kälber, weiblich	20	20	20	20
Schweine, männlich	20	20	20	20
Schweine, weiblich	20	20	20	20
<u>Übergangsfütterung</u>				
Milchkühe	12	12	12	12
Schafe, weiblich	14	14	14	14
<u>Sommerfütterung</u>				
Bullen	20	20	20	20
Milchkühe	20	20	20	20
Kühe, Notschlacht.	10	10	10	10
Färsen	10	10	10	10
Kälber, weiblich	20	20	20	20
Schweine, männlich	20	20	20	20
Schweine, weiblich	20	20	20	20

3. Versuchstiere und Versuchstierfütterung

Die Untersuchungsproben wurden entnommen bei 40 Mastbullen, 52 Milchkühen, 20 Färsen und 40 weiblichen Kälbern der Rasse Deutsches Fleckvieh, 40 männlichen und 40 weiblichen Schweinen

der Deutschen Landrasse sowie 14 weiblichen Schafen der Merinolandraße.

Zur Berücksichtigung einer eventuellen Modifikation der Rückstandsbildung durch Krankheitszustände (Nouws und Ziv 1978) wurden im Winter und Sommer je 10 Milchkühe aus Notschlachtungen in die Untersuchungen einbezogen.

Die untersuchten Tiere stammten aus den Einzugsgebieten der Schlachthöfe München und Ingolstadt. Sie wurden zufällig ausgewählt.

Bei den Schweinen, Kälbern und Bullen ist über die ganze Versuchsdauer eine nahezu gleichbleibende Ernährung anzunehmen. Dagegen muß bei Kühen, Färsen und Schafen mit erheblichen jahreszeitlichen Unterschieden hinsichtlich der Futtergrundlage gerechnet werden, d.h. im Winter mit Trockenfutter (Heu und Stroh), Silage und Kraftfutterzusatz, im Frühjahr mit Umstellung auf eiweißreiches, rohfaserarmes Weidegras mit allmählichem Abzug der Winterfütterration und im Sommer mit Grünfütterung (Weidebetrieb etc.).

4. Probenentnahme und -aufbewahrung

Die Untersuchungsproben wurden während des Schlachtvorganges wie folgt entnommen:

Gewebe/Organ	Entnahme	Menge
Blut	Halsarterien und -venen	5 ml
Fettgewebe	Nierenfett	10 g
Muskulatur	Zwerchfellpfeiler	30 g
Leber	Spigel'scher Lappen	10 g

Zur Gerinnungshemmung des Blutes diente EDTA-Di-Kaliumsalz. Die HCB-Bestimmung erfolgte bei den Blutproben am Tage der Entnahme; das übrige Untersuchungsmaterial wurde in Aluminiumfolie verpackt und bis zur Aufbereitung bei -20 °C aufbewahrt.

5. HCB-Bestimmung

Zur Ermittlung der HCB-Rückstände in den entnommenen Blut-, Gewebe- und Organproben wurde Hexachlorbenzol aus den Untersuchungssproben extrahiert und gaschromatographisch quantitativ bestimmt.

5.1. Reagenzien

Folgende Reagenzien fanden dabei Verwendung:

- a) Aceton (CH_3COCH_3) reinst
MERCK, Darmstadt
- b) Aluminiumoxid (Al_2O_3) aktiv neutral (Aktivitätsstufe I)
für die Säulenchromatographie
MERCK, Darmstadt
- c) Hexachlorbenzol (C_6Cl_6) zur Synthese
MERCK, Darmstadt
- d) n-Hexan (C_6H_{14}) rein
MERCK, Darmstadt
- e) Kieselgel (70 - 230 mesh ASTM) für die Säulenchromatographie
MERCK, Darmstadt
- f) Natriumsulfat (Na_2SO_4) wasserfrei reinst
MERCK, Darmstadt
- g) Seesand gereinigt
MERCK, Darmstadt
- h) n-Undecan ($\text{C}_{11}\text{H}_{24}$) zur Analyse
MERCK, Darmstadt

5.2. Reinigung und Vorbereitung von Geräten bzw. Reagenzien

Vor Durchführung jeder Analyse wurden alle Glas- und Porzellanegerätschaften mit Aceton, Wasser plus Laborspülmittel und aqua dest. sorgfältig gereinigt.

Seesand, Aluminiumoxid und Natriumsulfat mußten zunächst 4 Stunden lang bei 800 °C geglüht und dann im Exsikkator abgekühlt werden. Aluminiumoxid erhielt einen Zusatz von 5 % aqua dest..

Kieselgel wurde 4 Stunden lang bei 130 °C gehalten, nach an-

schließender Abkühlung im Exsikkator mit 3 % aqua dest. versetzt und 10 Minuten lang geschüttelt.

Vor Beginn der Probenaufbereitung mußte das jeweils erforderliche Hexan über eine mit Aluminiumoxid gefüllte, 60 cm lange und 3 cm dicke Glassäule nachgereinigt werden. Der Inhalt einer Säule reichte für 2,5 l Hexan, wobei die ersten 200 ml Durchlauf verworfen wurden.

5.3. Probenaufbereitung

5.3.1. Blutaufbereitung

Zur Bestimmung der HCB-Rückstände im Blut mußte zunächst jede Probe auf 2 Glasröhrchen aufgeteilt und genau eingewogen werden. Nach Zugabe von 1 ml aqua dest. zur Hämolyse und 2 ml Hexan zur HCB-Extraktion wurden die Glasröhrchen mit einem in Aluminiumfolie gehüllten Korkstopfen verschlossen, 1 Minute lang kräftig geschüttelt und zur Trennung der wässrigen von der organischen Phase 5 Minuten lang bei 6 000 Upm zentrifugiert. Eine vereinzelt zwischen Blutlösung und Hexan auftretende Schichtbildung konnte durch Tiefgefrieren (-20 °C) und Auftauen aufgelöst werden. Die überstehende Hexanphase wurde direkt zur Hexachlorbenzolbestimmung verwendet.

5.3.2. Organ- und Gewebeaufbereitung

Mechanische Zerkleinerung und Wasserentzug. Nach dem Auftauen wurden von jedem Versuchstier 2 mal 1,0 bis 1,3 g Muskulatur bzw. Leber oder 0,1 bis 0,2 g Fettgewebe genau eingewogen und mit 10 g Seesand plus 10 g Natriumsulfat bis zur Homogenität verrieben.

HCB- und Fettextraktion. Diese Mischung wurde quantitativ in eine mit Watte abgeschlossene ca. 50 cm lange und 1,5 cm dicke Glasröhre überführt. Die HCB- und Fettextraktion erfolgte mit 50 ml Hexan. Der Extrakt wurde in einem Rundkolben aufgefangen und unter Verwendung eines Vakuumrotationsverdampfers bei 50 °C auf 2 ml eingeengt. Das restliche Lösungs-

mittel konnte mit Stickstoff vorsichtig zur Trockene geblasen werden.

Fettbestimmung. Die Ermittlung des extrahierbaren Fettanteils der einzelnen Untersuchungsproben erfolgte nach 1-stündiger Äquilibrierung durch Berechnung der Gewichts Differenz zwischen dem leeren und dem trockenextrakthaltigen Rundkolben.

Reinigung des Extraktes. Zur Abtrennung der Lipide wurde der Trockenextrakt mit 3 mal 2 ml Hexan aufgenommen und auf eine mit 2 g Aluminiumoxid gefüllte 25 cm lange und 0,5 cm dicke Glassäule gegeben und mit 20 ml Hexan eluiert. Dem Zusatz von 0,1 ml Undecan folgte die Einengung des Eluats auf 2 ml, sowie eine erneute gleichartige Reinigung mit 2 g Kieselgel und die zweite Einengung des Eluats zur Trockene. Der Rückstand wurde in einem bekannten Volumen Hexan aufgenommen und für die gaschromatographische Bestimmung bereitgehalten. Die nun vorliegende Lösung wird im folgenden als "Analysenlösung" bezeichnet und ihr Volumen mit V_L (ml) symbolisiert.

5.4. Gaschromatographie

Die gaschromatographische Trennung und quantitative Bestimmung des Hexachlorbenzols erfolgte mit einem Gerät der Firma HEWLETT PACKARD (HP 5830 A) das mit Elektroneneinfangdetektor (15 mCi ^{63}Ni -Quelle) und automatischem Probengeber ausgestattet war. Als GC-Säule diente eine 8 Fuß lange Glassäule mit einem Innendurchmesser von 2 mm und einer Füllung von 3 % QF 1 auf GasChrom Q BW-DMCS (100 bis 120 mesh). Die Arbeitstemperaturen betrugen im Einspritzblock 250, im Säulenofen 190 und im Detektor 250 °C. Das Trägergas, ein Argon/Methangemisch 90/10 Vol% durchströmte die Säule mit einer Geschwindigkeit von ca. 36 ml/min. Die Retentionszeit von Hexachlorbenzol lag unter diesen Bedingungen bei ca. 1,2 min. Die Laufzeit der Chromatogramme betrug ungefähr 10 Minuten.

Von der Analysenlösung wurden jeweils 2 µl eingespritzt. Die Auswertung erfolgte anhand der Peakfläche und deren Vergleich mit einem externen Standard von ähnlicher Konzentration.

6. Berechnung der Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse sind auf die im folgenden angegebene Weise ermittelt bzw. berechnet worden.

6.1. Untersuchungsproben

Aus der Einwaage der Untersuchungsprobe (E , g), dem Volumen der Analysenlösung (V_L , ml) und der gaschromatographisch erhaltenen HCB-Konzentration der Analysenlösung (C_L , ng/ml) errechnet sich die unkorrigierte HCB-Konzentration der untersuchten Probe (U , ppb) nach der Formel

$$U = \frac{C_L \cdot V_L}{E} \quad (\text{ppb})$$

6.2. Blindproben

Die Berechnung der Blindwerte (B , ppb) ergibt sich aus der HCB-Konzentration der Analysenlösung ohne Probeneinwaage (also mit den verwendeten Chemikalien allein) zu

$$B = \frac{C_L \cdot V_L}{E} \quad (\text{ppb})$$

6.3. Nachweisgrenze

Die Nachweisgrenze (NG , ppb) wird nach folgender Formel berechnet (Kommission für Pflanzenschutz-, Pflanzenbehandlungs- und Vorratsschutzmittel der DFG 1977):

$$NG = t \cdot s \cdot \sqrt{\frac{n_U + n_B}{n_U \cdot n_B}} \quad (\text{ppb})$$

wobei die Standardabweichung (s) wie folgt definiert ist

$$s = \sqrt{\frac{S(B_i - \bar{B})^2 + S(U_i - \bar{U})^2}{n_B + n_U - 2}} \quad (\text{ppb})$$

und die einzelnen Symbole folgende Bedeutung haben:

B_i, U_i : $i = 1, 2, \dots, n$ Ergebnisse B bzw. U

$\bar{B}, \bar{U}$: Arithmetische Mittelwerte der Ergebnisse B bzw. U

n_B, n_U : Anzahl der Ergebnisse B bzw. U

S : Summe von $i = 1$ bis $i = n$

t : Theoretische Prüfgröße der STUDENTschen Prüfverteilung für $n_B + n_U - 2$ Freiheitsgrade und eine einseitige Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,01$

6.4. Korrigierte HCB-Konzentration der Untersuchungsproben

Aus den Meßergebnissen der Untersuchungs- und Blindproben ergibt sich die blindwertberichtigte HCB-Konzentration der Untersuchungsproben (C') zu

$$C' = U - B \quad (\text{ppb})$$

Als nachgewiesene HCB-Konzentration von Untersuchungsproben werden im folgenden Meßergebnisse gewertet, soweit sie nach Abzug des Blindwertes größer als die Nachweisgrenze sind.

6.5. Bestimmung der Wiederauffindungsrate

Die Wiederauffindungsrate von Hexachlorbenzol (W , %) in den verschiedenen Proben wird aus der korrigierten HCB-Konzentration mit (C'_Z , ppb) und ohne Zusatz definierter HCB-Mengen (C' , ppb) sowie der rechnerischen Konzentrationszunahme der Untersuchungsproben durch den HCB-Zusatz (Z) gemäß folgender Beziehung ermittelt

$$W = \frac{10^2 \cdot (C'_Z - C')}{Z} \quad (\%)$$

6.6. Wahre HCB-Konzentration der Untersuchungsproben

Die wahre HCB-Konzentration der Untersuchungsproben ergibt sich schließlich nach Berichtigung mit der Wiederauffindungsrate zu

$$C = 10^2 \cdot W^{-1} \cdot C' \quad (\text{ppb})$$

In den folgenden Ergebnissen sind - sofern nichts anderes angegeben ist - die wahre hinsichtlich Blindwert, Nachweisgrenze und Wiederauffindungsrate korrigierten HCB-Konzentrationen der Untersuchungsproben aufgeführt.

7. Ergebnisse

7.1. Blindwerte, Nachweisgrenzen, Wiederauffindungsraten

Die gemessenen und auf vorstehende Weise berechneten Blindwerte, Nachweisgrenzen und Wiederauffindungsraten sind in der folgenden Aufstellung zusammengefaßt ($\bar{x} + s_{\bar{x}}$).

Probe	B (ppb)	NG (ppb)	W (%)
Blut	0,00	0,07	100,0 + 1,1
Fettgewebe	0,55 + 0,04	12,59	97,1 + 1,8
Muskulatur	0,55 + 0,04	0,73	86,9 + 1,5
Leber	0,55 + 0,04	0,55	92,7 + 1,9

7.2. Fettgehalt der untersuchten Organe bzw. Gewebe

Die mittleren extrahierbaren Fettanteile in den Untersuchungsproben - mit Ausnahme des Blutes - ergeben sich aus Tabelle 2.

Tab. 2: Extrahierbare Fettanteile (%) der untersuchten Organe
bzw. Gewebe ($\bar{x} + s_{\bar{x}}$)

Gruppe	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
<u>Winterfütterung</u>			
Bullen	90,74 + 7,41	3,73 + 1,36	1,59 + 1,49
Milchkühe	91,98 + 5,27	4,82 + 1,80	1,54 + 2,07
Kühe, Notschl.	90,70 + 9,28	3,32 + 3,55	2,04 + 3,33
Färsen	95,79 + 7,44	3,69 + 2,22	1,94 + 2,55
Kälber, weibl.	91,78 + 4,48	1,13 + 2,34	1,40 + 1,98
Schweine, männl.	92,48 + 4,08	2,94 + 0,97	2,21 + 1,40
Schweine, weibl.	95,79 + 4,87	3,18 + 0,88	2,51 + 1,72
<u>Übergangsfütterung</u>			
Milchkühe	94,03 + 4,66	3,66 + 1,48	2,05 + 3,61
Schafe, weibl.	89,46 + 6,80	3,70 + 1,46	2,11 + 1,23
<u>Sommerfütterung</u>			
Bullen	91,58 + 4,20	3,05 + 0,95	1,63 + 1,70
Milchkühe	91,55 + 4,51	3,60 + 1,56	1,72 + 1,15
Kühe, Notschl.	90,15 + 8,25	2,88 + 1,74	2,22 + 1,57
Färsen	92,41 + 6,04	4,10 + 1,79	1,53 + 1,82
Kälber, weibl.	87,80 + 6,11	1,33 + 4,09	1,27 + 2,03
Schweine, männl.	93,01 + 4,79	2,45 + 1,66	1,90 + 1,48
Schweine, weibl.	92,55 + 5,27	2,11 + 1,96	2,03 + 1,17

7.3. Versuchsergebnisse

In den folgenden Tabellen werden die wahren HCB-Rückstände in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber der untersuchten Schlachttiere angegeben. Bei den Rindern und Schafen wird außerdem die Schlachtmasse (SM; Zweihälftenmasse ohne Kopf und Innereien in Kilogramm) angegeben.

Die HCB-Konzentration pro Gewebe und Versuchstier ist in Form des arithmetischen Mittelwertes aus 2 Untersuchungsproben mit je einer Doppelanalyse und der Extremwerte aus den so erhaltenen 4 Meßwerten angegeben.

Tab. 3: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von Fleckviehbulen bei Winterfütterung
Herkunft: Schlachthof Ingolstadt

Tier Nr.	SM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	352	0,54 0,51 - 0,56	135,7 130,0 - 141,4	6,8 6,4 - 7,1	4,3 4,0 - 4,7
2	384	0,32 0,30 - 0,33	92,7 92,7 - 92,7	3,9 2,1 - 5,6	3,2 3,0 - 3,4
3	366	0,30 0,29 - 0,30	51,0 50,8 - 51,2	6,3 5,7 - 6,7	3,1 3,0 - 3,1
4	336	0,54 0,52 - 0,55	94,6 90,6 - 98,6	9,9 8,9 - 10,9	3,7 3,0 - 4,4
5	401	0,35 0,35 - 0,35	73,2 69,5 - 76,9	3,3 2,8 - 3,8	4,1 3,4 - 4,8
6	411	0,37 0,36 - 0,37	88,2 84,7 - 91,7	7,2 7,0 - 7,4	4,0 3,9 - 4,1
7	413	0,40 0,39 - 0,42	80,2 74,6 - 85,8	3,5 3,2 - 3,8	2,7 2,5 - 2,8
8	351	0,58 0,56 - 0,60	98,4 94,2 - 102,4	10,6 10,6 - 10,6	2,4 2,2 - 2,6
9	423	0,25 0,25 - 0,25	72,0 71,3 - 72,7	5,3 4,6 - 5,9	2,8 2,6 - 3,0
10	413	0,65 0,61 - 0,68	103,1 100,0 - 106,2	9,4 8,7 - 10,2	3,3 3,2 - 3,4

Fortsetzung Tab. 3:

Tier Nr.	SM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
11	394	0,46 0,43 - 0,49	93,9 89,3 - 98,5	8,2 7,5 - 9,0	3,7 3,3 - 4,1
12	405	0,40 0,40 - 0,40	87,2 85,9 - 88,4	4,6 3,9 - 5,3	4,5 3,9 - 5,2
13	389	0,40 0,37 - 0,43	80,5 71,3 - 89,5	5,3 4,8 - 5,8	4,4 4,2 - 4,6
14	258	0,36 0,36 - 0,37	54,4 53,7 - 55,0	3,1 2,7 - 3,4	2,1 2,0 - 2,2
15	397	0,43 0,41 - 0,45	49,4 48,6 - 50,2	5,1 4,6 - 5,5	1,8 1,6 - 2,0
16	405	0,30 0,28 - 0,32	46,3 45,0 - 47,5	5,2 5,0 - 5,3	2,1 2,0 - 2,3
17	323	0,16 0,16 - 0,17	44,9 43,5 - 46,2	3,5 3,0 - 3,8	2,2 2,2 - 2,2
18	352	0,18 0,17 - 0,19	37,1 35,5 - 38,7	2,5 2,4 - 2,6	1,4 1,3 - 1,5
19	362	0,21 0,20 - 0,22	36,6 35,9 - 37,2	1,8 1,6 - 2,1	1,8 1,8 - 1,8
20	343	1,23 1,16 - 1,30	202,3 195,8 - 208,7	11,5 11,4 - 11,5	5,3 5,2 - 5,3

Tab. 4: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von Fleckviehkühen bei Winterfütterung
Herkunft: Schlachthof Ingolstadt

Tier Nr.	SM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	305	0,31 0,30 - 0,31	46,5 44,8 - 48,3	2,4 2,3 - 2,5	1,6 1,4 - 1,8
2	308	0,42 0,42 - 0,43	49,1 46,9 - 51,4	4,0 3,9 - 4,0	1,5 1,5 - 1,5
3	289	0,19 0,17 - 0,22	53,8 50,9 - 56,6	3,2 2,8 - 3,6	1,4 1,3 - 1,4
4	295	0,79 0,74 - 0,85	136,3 134,5 - 138,1	11,8 9,9 - 13,8	3,7 3,7 - 3,7
5	308	0,49 0,48 - 0,50	72,0 68,9 - 75,0	6,2 4,8 - 7,7	2,2 2,1 - 2,3
6	291	0,18 0,18 - 0,19	34,3 33,4 - 35,2	4,3 4,2 - 4,3	2,1 1,9 - 2,2
7	258	0,45 0,44 - 0,45	62,5 61,3 - 63,6	3,7 3,5 - 4,0	1,8 1,8 - 1,9
8	336	0,14 0,13 - 0,15	55,4 55,0 - 55,9	4,3 4,8 - 4,8	1,3 1,1 - 1,5
9	349	0,47 0,43 - 0,51	85,7 83,7 - 87,6	7,1 6,8 - 7,5	2,7 2,5 - 3,0
10	300	0,45 0,43 - 0,47	89,1 85,6 - 92,2	5,4 4,4 - 6,4	3,3 3,3 - 3,4

Fortsetzung Tab. 4:

Tier Nr.	SM	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
11	283	0,14 0,12 - 0,16	34,4 34,2 - 34,7	3,8 3,8 - 3,8	1,4 1,4 - 1,4
12	266	0,29 0,28 - 0,29	52,1 50,9 - 53,2	6,3 6,2 - 6,4	2,5 2,3 - 2,6
13	231	0,41 0,41 - 0,41	62,7 61,2 - 64,2	5,9 5,9 - 5,9	3,7 3,7 - 3,8
14	278	0,27 0,26 - 0,27	58,7 54,8 - 65,6	4,3 3,8 - 4,9	1,3 0,9 - 1,5
15	301	0,15 0,12 - 0,17	29,3 28,4 - 30,2	2,3 2,2 - 2,3	1,6 1,4 - 1,9
16	295	0,41 0,40 - 0,41	56,9 54,2 - 59,6	6,8 5,1 - 8,5	3,0 2,8 - 3,1
17	291	0,33 0,33 - 0,34	56,4 49,0 - 63,8	7,0 5,6 - 8,3	2,4 2,3 - 2,5
18	314	0,33 0,31 - 0,34	49,8 49,4 - 50,3	6,0 4,9 - 7,1	1,9 1,3 - 2,4
19	362	0,35 0,33 - 0,37	54,6 50,4 - 48,8	5,2 3,8 - 6,6	1,4 1,4 - 1,5
20	239	0,10 0,10 - 0,11	20,7 19,5 - 22,0	3,4 2,7 - 4,1	1,1 1,1 - 1,1

Tab. 5: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von notgeschlachteten Fleckviehkühen bei Winterfütterung; Herkunft: Schlachthof München

Tier Nr.	SM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	300	0,48 0,46 - 0,50	105,2 98,0 - 112,4	11,6 11,2 - 12,0	23,4* 23,1 - 23,6
2	295	0,34 0,34 - 0,35	71,6 69,5 - 73,6	8,6 6,4 - 10,7	4,8 3,8 - 5,8
3	295	0,26 0,24 - 0,28	47,1 33,6 - 60,5	6,1 5,7 - 6,6	2,7 1,6 - 3,7
4	237	0,50 0,48 - 0,52	101,6 99,1 - 104,2	8,0 8,0 - 8,1	7,1 7,0 - 7,2
5	285	0,18 0,17 - 0,19	32,5 30,5 - 34,9	4,3 4,1 - 4,5	2,8 2,5 - 3,2
6	368	0,20 0,19 - 0,21	61,9 59,1 - 64,7	7,8 7,3 - 8,2	3,3 3,2 - 3,4
7	232	0,50 0,50 - 0,50	92,8 91,8 - 93,8	11,6 10,6 - 12,7	5,6 5,5 - 5,6
8	242	0,18 0,17 - 0,19	59,8 56,2 - 63,4	9,2 9,0 - 9,4	5,3 5,1 - 5,5
9	257	0,33 0,31 - 0,34	60,1 59,4 - 60,8	6,7 6,5 - 6,9	5,6 5,5 - 5,8
10	336	0,33 0,32 - 0,33	76,0 71,4 - 80,4	9,6 8,8 - 10,4	4,9 4,3 - 5,5

*: Leberverfettung

Tab. 6: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von Fleckviehfärsen bei Winterfütterung
Herkunft: Schlachthof Ingolstadt

Tier Nr.	SM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	284	0,42 0,40 - 0,44	64,3 63,5 - 65,0	9,1 6,8 - 11,4	4,5 3,4 - 5,5
2	165	0,37 0,33 - 0,40	65,6 63,7 - 67,3	7,9 6,6 - 9,2	5,8 5,3 - 6,4
3	285	0,21 0,19 - 0,23	78,0 72,3 - 83,6	4,4 3,3 - 5,5	3,3 3,3 - 3,4
4	242	0,25 0,24 - 0,25	35,2 34,4 - 36,0	5,7 4,4 - 7,0	1,9 1,9 - 1,9
5	295	0,41 0,39 - 0,42	56,3 54,7 - 57,9	8,3 7,0 - 9,6	2,4 1,8 - 2,9
6	222	0,34 0,32 - 0,35	91,6 84,7 - 98,5	4,5 4,4 - 4,5	3,7 3,6 - 3,7
7	247	0,40 0,39 - 0,42	84,4 78,8 - 90,0	4,6 4,3 - 4,8	2,9 2,8 - 3,1
8	272	0,93 0,92 - 0,94	161,8 159,8 - 163,8	11,2 8,9 - 13,5	6,9 6,3 - 7,5
9	286	0,70 0,69 - 0,70	135,7 124,2 - 147,2	13,1 12,4 - 13,8	4,5 4,2 - 4,8
10	288	0,23 0,23 - 0,24	52,5 51,4 - 53,2	2,9 2,9 - 2,9	1,9 1,8 - 2,0

Tab. 7: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von weiblichen Fleckviehkälbern bei Winterfütterung; Herkunft: Schlachthof Ingolstadt

Tier Nr.	SM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	74	0,44 0,35 - 0,53	71,7 66,3 - 77,6	4,9 4,8 - 5,0	2,8 2,7 - 2,9
2	58	0,26 0,24 - 0,28	52,2 51,9 - 52,5	1,2 1,2 - 1,3	1,3 1,2 - 1,3
3	61	0,70 0,70 - 0,71	157,5 153,5 - 161,5	6,4 6,0 - 6,7	7,2 6,7 - 7,7
4	85	0,49 0,49 - 0,50	67,4 64,4 - 70,4	2,4 2,0 - 2,8	2,4 2,4 - 2,4
5	68	1,47 1,40 - 1,54	174,3 172,6 - 176,0	6,5 5,8 - 7,2	7,7 6,8 - 8,6
6	72	0,48 0,47 - 0,49	44,3 43,4 - 44,9	2,2 2,1 - 2,2	3,2 3,2 - 3,3
7	68	0,56 0,54 - 0,58	117,8 113,9 - 121,7	2,1 2,1 - 2,1	2,6 2,6 - 2,6
8	85	0,95 0,93 - 0,96	169,9 164,9 - 174,8	5,6 5,5 - 5,6	5,7 5,0 - 6,4
9	63	0,28 0,26 - 0,30	45,9 42,7 - 49,1	2,8 2,0 - 3,5	3,1 3,1 - 3,1
10	59	0,65 0,65 - 0,65	178,2 160,3 - 196,6	5,0 4,5 - 5,5	6,6 6,0 - 7,1

Fortsetzung Tab. 7:

Tier Nr.	SM	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
11	71	0,48 0,47 - 0,49	95,5 91,4 - 99,6	3,0 1,7 - 4,3	4,4 4,1 - 4,8
12	70	0,13 0,12 - 0,13	28,4 26,9 - 29,8	1,4 1,1 - 1,7	2,3 2,2 - 2,4
13	73	0,34 0,32 - 0,36	56,8 56,6 - 56,9	1,9 1,4 - 2,3	2,3 2,1 - 2,5
14	68	0,32 0,31 - 0,34	95,4 89,7 - 101,1	2,5 2,5 - 2,5	4,9 4,7 - 5,0
15	76	0,21 0,18 - 0,24	41,3 39,5 - 43,0	1,6 1,6 - 1,6	1,3 1,1 - 1,4
16	63	0,19 0,19 - 0,19	52,9 52,8 - 53,0	4,2 4,2 - 4,2	4,1 4,0 - 4,3
17	86	0,42 0,41 - 0,43	57,4 57,0 - 57,8	1,5 1,5 - 1,5	2,4 2,0 - 2,7
18	90	0,18 0,18 - 0,18	47,9 47,0 - 48,7	1,2 1,1 - 1,2	1,5 1,3 - 1,7
19	72	0,87 0,85 - 0,88	113,5 104,2 - 122,8	4,7 4,0 - 5,4	5,4 5,4 - 5,5
20	68	0,21 0,21 - 0,22	49,1 48,5 - 52,0	1,6 1,4 - 1,8	1,3 1,3 - 1,3

Tab. 8: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von männlichen Schweinen der Deutschen Landrasse bei Winterfütterung
Herkunft: Schlachthof München

Tier Nr.	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	0,47 0,46 - 0,49	133,0 129,9 - 136,4	9,0 8,7 - 9,2	5,5 5,4 - 5,6
2	0,29 0,28 - 0,29	108,3 107,3 - 109,2	6,3 5,7 - 6,9	8,7 8,3 - 9,0
3	0,46 0,42 - 0,50	111,0 101,0 - 120,9	8,5 7,7 - 9,4	9,6 8,3 - 10,9
4	0,23 0,22 - 0,23	85,2 84,0 - 86,4	5,1 4,7 - 5,5	5,6 5,4 - 5,8
5	0,35 0,34 - 0,36	99,9 95,7 - 103,6	6,2 6,1 - 6,3	10,2 8,5 - 11,8
6	0,20 0,19 - 0,20	79,2 74,9 - 83,5	8,3 7,5 - 9,0	4,6 4,6 - 4,6
7	0,33 0,33 - 0,34	163,2 161,5 - 164,8	9,1 7,8 - 10,3	8,5 8,0 - 8,9
8	0,51 0,50 - 0,53	147,4 147,4 - 147,5	14,7 14,2 - 15,2	8,6 8,4 - 8,8
9	0,34 0,34 - 0,35	118,9 111,8 - 125,8	8,4 6,9 - 9,9	5,7 5,0 - 6,3
10	0,24 0,24 - 0,24	114,9 97,7 - 132,0	8,4 8,2 - 8,6	3,8 3,1 - 4,6

Fortsetzung Tab. 8:

Tier Nr.	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
11	0,45 0,44 - 0,46	115,8 111,5 - 116,2	7,7 5,6 - 9,9	8,6 8,1 - 9,2
12	0,58 0,54 - 0,62	220,5 218,1 - 222,8	15,8 15,3 - 16,3	8,6 8,2 - 8,9
13	0,91 0,91 - 0,91	249,8 246,4 - 253,1	16,1 15,0 - 17,3	15,1 13,7 - 16,4
14	0,52 0,47 - 0,58	176,9 175,6 - 178,1	9,6 9,5 - 9,7	7,1 6,8 - 7,4
15	0,33 0,29 - 0,38	155,1 152,5 - 157,8	9,9 9,6 - 10,6	10,0 7,4 - 12,7
16	0,31 0,30 - 0,32	156,1 150,3 - 162,0	10,8 10,1 - 11,5	7,6 7,3 - 7,9
17	0,36 0,36 - 0,37	91,5 90,2 - 92,7	8,1 7,8 - 8,3	4,6 4,3 - 4,9
18	0,41 0,40 - 0,42	122,4 115,6 - 129,1	13,3 13,2 - 13,4	4,6 4,4 - 4,8
19	0,27 0,26 - 0,29	93,7 90,0 - 97,3	5,6 5,2 - 6,0	4,7 4,4 - 5,0
20	0,77 0,74 - 0,81	286,1 246,9 - 307,3	15,3 14,4 - 18,0	12,1 11,3 - 12,8

Tab. 9: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von weiblichen Schweinen der Deutschen Landrasse bei Winterfütterung
Herkunft: Schlachthof München

Tier Nr.	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	0,40 0,38 - 0,42	159,7 156,1 - 163,3	10,6 10,5 - 10,7	9,2 7,7 - 10,7
2	0,33 0,32 - 0,34	122,9 117,9 - 127,9	7,9 6,0 - 9,8	8,9 6,9 - 10,9
3	0,57 0,55 - 0,59	202,1 186,8 - 217,2	14,0 12,3 - 15,8	12,1 11,8 - 12,4
4	0,44 0,38 - 0,50	148,9 140,0 - 157,4	10,5 9,2 - 11,7	9,8 8,4 - 11,1
5	0,39 0,39 - 0,39	141,9 127,6 - 156,3	12,7 12,3 - 13,1	8,8 8,1 - 9,4
6	0,28 0,28 - 0,29	106,8 100,1 - 113,4	9,5 8,4 - 10,5	8,7 7,9 - 9,5
7	0,40 0,39 - 0,41	216,7 214,8 - 218,6	14,0 13,6 - 14,5	7,6 7,3 - 7,9
8	0,22 0,22 - 0,23	110,2 109,4 - 111,0	8,3 7,8 - 8,8	5,7 5,6 - 5,7
9	0,28 0,27 - 0,29	139,4 138,2 - 140,5	7,8 7,4 - 8,2	8,1 7,1 - 9,2
10	0,28 0,27 - 0,29	152,4 151,0 - 153,8	7,4 7,2 - 7,6	8,3 7,1 - 9,6

Fortsetzung Tab. 9:

Tier Nr.	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
11	0,34 0,33 - 0,35	158,4 158,4 - 158,4	12,4 11,8 - 12,4	11,1 11,1 - 11,1
12	0,37 0,34 - 0,40	161,6 161,3 - 161,9	14,4 12,5 - 16,3	8,3 7,8 - 8,8
13	0,41 0,36 - 0,46	164,1 160,0 - 168,3	8,9 8,7 - 9,2	11,9 11,5 - 12,3
14	0,76 0,74 - 0,77	259,1 249,0 - 269,2	13,0 12,8 - 13,2	11,1 11,0 - 11,1
15	0,55 0,52 - 0,58	236,5 231,8 - 241,2	14,4 13,3 - 15,5	13,3 13,0 - 13,5
16	0,28 0,28 - 0,29	112,1 104,9 - 119,4	9,7 9,5 - 9,9	6,4 5,9 - 6,9
17	0,67 0,66 - 0,68	217,7 199,7 - 235,7	16,5 15,7 - 17,2	11,9 11,6 - 12,2
18	0,41 0,40 - 0,42	185,2 182,0 - 188,5	12,1 12,0 - 12,2	12,3 12,1 - 12,5
19	0,47 0,46 - 0,47	143,9 143,2 - 144,6	14,6 11,3 - 17,9	6,6 6,4 - 6,9
20	0,36 0,35 - 0,37	108,4 107,0 - 109,8	8,4 6,5 - 10,3	6,0 5,8 - 6,1

Tab. 10: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von Fleckviehkühen bei Übergangsfütterung; Herkunft: Schlachthof Ingolstadt

Tier Nr.	SM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	283	0,44 0,42 - 0,46	92,7 87,1 - 98,3	10,8 10,7 - 10,9	4,1 3,3 - 4,9
2	266	0,15 0,15 - 0,15	40,5 39,6 - 41,3	2,3 2,2 - 2,4	3,1 2,7 - 3,6
3	252	0,20 0,20 - 0,21	42,2 41,8 - 42,7	8,3 7,4 - 9,1	2,8 2,6 - 3,1
4	280	0,12 0,12 - 0,12	38,0 36,7 - 39,4	3,2 3,1 - 3,3	3,6 3,2 - 4,0
5	300	0,12 0,11 - 0,13	67,0 63,0 - 71,0	5,4 5,4 - 5,4	2,3 2,2 - 2,5
6	298	0,26 0,26 - 0,26	83,5 73,1 - 93,9	6,1 4,8 - 7,4	3,1 3,0 - 3,3
7	279	0,25 0,25 - 0,26	73,1 63,8 - 82,2	4,7 3,6 - 5,9	4,4 4,2 - 4,6
8	301	0,41 0,39 - 0,42	93,1 93,1 - 93,1	6,1 5,8 - 6,4	5,3 5,2 - 5,3
9	279	0,40 0,39 - 0,40	74,1 70,2 - 77,9	10,5 9,8 - 11,2	3,9 3,8 - 3,9
10	283	0,51 0,50 - 0,51	105,2 105,0 - 105,3	10,8 8,7 - 12,8	8,2 7,7 - 8,7

Fortsetzung Tab. 10:

Tier Nr.	GM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
11	256	0,41 0,39 - 0,44	120,3 118,6 - 122,0	10,0 8,7 - 11,3	6,3 5,6 - 6,9
12	267	0,31 0,30 - 0,31	51,6 48,1 - 55,1	6,7 6,7 - 6,7	3,9 3,3 - 4,6

Tab. 11: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von weiblichen Schafen der Merinolandrassie bei Übergangsütterung
Herkunft: Schlachthof Ingolstadt

Tier Nr.	GM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	21	0,27 0,25 - 0,29	110,4 108,9 - 112,0	11,4 10,4 - 11,9	6,1 5,3 - 6,9
2	22	0,07 0,07 - 0,08	42,0 39,1 - 45,0	4,2 4,1 - 4,3	2,4 2,0 - 2,8
3	24	0,10 0,10 - 0,11	59,3 52,6 - 65,9	6,5 4,8 - 8,2	2,7 2,6 - 2,8
4	22	0,15 0,15 - 0,16	56,5 55,1 - 57,1	10,0 8,2 - 11,8	6,0 4,2 - 7,8
5	26	0,10 0,09 - 0,10	44,2 41,4 - 47,1	5,9 3,9 - 7,9	4,8 3,1 - 6,5

Fortsetzung Tab. 11:

Tier Nr.	SM	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
6	28	0,06* 0,06 - 0,06	39,3 38,1 - 40,4	3,4 2,7 - 4,0	1,9 1,9 - 2,0
7	20	0,17 0,17 - 0,17	77,6 75,9 - 79,3	4,5 4,2 - 4,7	5,4 5,0 - 5,7
8	21	0,15 0,15 - 0,15	38,8 36,3 - 41,3	4,0 3,7 - 4,2	3,3 3,1 - 3,6
9	35	0,19 0,18 - 0,20	71,4 62,9 - 79,7	6,9 5,2 - 8,7	4,8 4,3 - 5,3
10	25	0,13 0,12 - 0,14	55,0 54,6 - 55,4	5,5 4,8 - 6,2	2,0 1,8 - 2,1
11	23	0,18 0,18 - 0,18	67,6 65,2 - 70,0	4,9 4,5 - 5,3	5,9 5,6 - 6,3
12	25	0,15 0,14 - 0,16	67,7 67,7 - 67,7	4,5 3,9 - 5,2	5,3 5,0 - 5,6
13	22	0,11 0,10 - 0,13	40,5 38,5 - 42,4	2,9 2,8 - 3,0	3,0 1,9 - 4,2
14	24	0,12 0,12 - 0,13	71,5 70,5 - 72,5	5,8 5,5 - 6,1	4,9 4,7 - 5,1

*: < NG

Tab. 12: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von Fleckviehbulen bei Sommerfütterung; Herkunft: Schlachthof Ingolstadt

Tier Nr.	SM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	496	0,10 0,10 - 0,11	51,0 46,8 - 55,2	5,0 4,5 - 5,5	2,1 1,8 - 2,4
2	434	0,19 0,19 - 0,20	60,1 59,5 - 60,8	8,3 7,8 - 8,7	3,6 3,2 - 4,0
3	412	0,18 0,17 - 0,19	38,3 36,6 - 40,0	3,4 3,4 - 3,4	3,2 2,7 - 3,7
4	320	0,24 0,21 - 0,26	84,4 81,0 - 87,8	6,0 5,4 - 6,6	5,0 4,8 - 5,2
5	389	0,54 0,51 - 0,58	116,2 114,5 - 118,0	2,9 2,8 - 3,0	4,1 3,4 - 4,8
6	399	0,76 0,74 - 0,79	139,2 138,8 - 139,6	11,7 11,2 - 12,1	5,4 4,9 - 5,9
7	298	0,24 0,23 - 0,24	43,7 42,7 - 44,7	2,5 2,0 - 3,0	1,2 1,1 - 1,4
8	388	0,17 0,16 - 0,17	36,4 35,8 - 36,9	2,4 2,3 - 2,6	1,1 1,0 - 1,2
9	429	0,13 0,11 - 0,15	27,9 27,0 - 28,8	1,7 1,5 - 1,8	1,0 0,9 - 1,0
10	404	0,16 0,16 - 0,17	66,0 64,8 - 67,1	6,1 6,0 - 6,2	3,7 3,1 - 4,4

Fortsetzung Tab. 12:

Tier Nr.	SM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
11	420	0,10 0,10 - 0,11	32,1 31,8 - 32,3	2,3 2,2 - 2,4	4,6 3,8 - 5,4
12	484	0,32 0,32 - 0,32	67,1 66,6 - 67,6	6,4 6,2 - 6,6	3,1 2,8 - 3,5
13	384	0,35 0,35 - 0,36	92,8 92,0 - 93,5	9,2 9,1 - 9,3	5,3 5,1 - 5,5
14	421	0,31 0,30 - 0,32	75,9 73,5 - 78,2	6,9 6,8 - 7,0	4,3 3,7 - 4,8
15	412	0,52 0,50 - 0,52	93,7 92,6 - 94,6	4,5 4,4 - 4,6	3,7 3,6 - 3,8
16	403	0,40 0,40 - 0,41	74,1 72,6 - 75,6	4,9 4,8 - 4,9	2,5 2,3 - 2,7
17	418	0,11 0,10 - 0,12	43,9 41,7 - 46,0	3,5 3,4 - 3,6	2,4 2,2 - 2,5
18	432	0,85 0,82 - 0,88	244,5 242,4 - 246,7	11,4 11,0 - 11,9	8,3 7,8 - 8,8
19	412	0,10 0,10 - 0,11	41,2 41,1 - 41,2	4,1 3,7 - 4,5	3,7 3,4 - 3,9
20	456	0,11 0,10 - 0,11	30,0 29,5 - 30,5	2,6 2,5 - 2,7	1,3 1,2 - 1,1

Tab. 13: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von Fleckviehkühen bei Sommerfütterung; Herkunft: Schlachthof Ingolstadt

Tier Nr.	SM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	237	0,14 0,13 - 0,14	52,5 49,4 - 55,7	5,7 5,6 - 5,7	1,8 1,6 - 2,0
2	322	0,24 0,23 - 0,25	73,7 73,7 - 73,7	6,9 6,6 - 7,2	3,2 3,2 - 3,2
3	301	0,16 0,15 - 0,17	49,0 47,7 - 50,1	5,0 4,4 - 5,5	2,0 1,7 - 2,4
4	224	0,22 0,21 - 0,23	44,6 42,9 - 46,2	4,8 4,4 - 5,2	2,4 2,0 - 2,7
5	339	0,22 0,21 - 0,23	77,3 76,6 - 78,0	4,0 3,5 - 4,4	3,1 2,5 - 3,6
6	320	0,20 0,19 - 0,21	36,3 35,1 - 37,5	3,8 3,5 - 4,1	1,5 1,5 - 1,5
7	298	0,07 0,07 - 0,08	20,9 20,5 - 21,2	1,3 1,1 - 1,5	1,0 1,0 - 1,0
8	270	0,25 0,23 - 0,26	81,6 80,1 - 83,0	4,7 4,5 - 4,9	2,4 1,9 - 2,8
9	301	0,11 0,11 - 0,11	38,5 37,3 - 39,8	2,6 2,4 - 2,7	1,6 1,5 - 1,6
10	289	0,58 0,57 - 0,60	155,2 150,6 - 159,7	7,1 5,8 - 8,3	6,9 6,6 - 7,1

Fortsetzung Tab. 13:

Tier Nr.	SM	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
11	297	0,30 0,29 - 0,30	68,6 65,9 - 71,4	4,7 4,7 - 4,7	3,4 3,1 - 3,8
12	300	0,21 0,20 - 0,23	71,9 70,3 - 73,5	3,5 3,4 - 3,6	2,7 2,6 - 2,8
13	276	0,20 0,20 - 0,21	45,3 43,8 - 46,9	2,2 2,0 - 2,4	2,3 2,1 - 2,4
14	278	0,63 0,62 - 0,64	100,6 97,6 - 103,5	9,1 8,5 - 9,7	4,6 4,6 - 4,7
15	319	0,18 0,17 - 0,18	43,9 43,0 - 44,8	4,1 4,0 - 4,2	1,4 1,3 - 1,5
16	286	0,21 0,20 - 0,22	41,9 40,9 - 42,9	1,6 1,4 - 1,9	1,3 1,2 - 1,4
17	231	0,15 0,14 - 0,16	26,4 24,6 - 28,1	1,5 1,4 - 1,7	2,8 2,7 - 3,0
18	290	0,29 0,29 - 0,29	68,1 67,8 - 68,4	2,4 2,4 - 2,4	3,0 3,0 - 3,0
19	295	0,14 0,13 - 0,14	34,7 32,4 - 37,0	2,3 1,9 - 2,7	1,3 1,2 - 1,4
20	230	0,19 0,18 - 0,20	36,7 34,5 - 38,8	2,1 1,9 - 2,2	1,8 1,8 - 1,8

Tab. 14: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von notgeschlachteten Fleckviehkühen bei Sommerfütterung; Herkunft: Schlachthof München

Tier Nr.	SM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	353	0,13 0,12 - 0,13	28,4 28,2 - 28,7	2,4 1,9 - 2,8	0,9 0,9 - 1,0
2	286	0,21 0,20 - 0,22	40,8 40,0 - 41,6	3,3 3,3 - 3,3	2,1 2,1 - 2,2
3	281	0,08 0,07 - 0,08	23,9 23,4 - 24,5	1,5 1,3 - 1,7	1,0 1,0 - 1,0
4	298	0,27 0,26 - 0,29	67,6 67,2 - 68,0	3,9 3,4 - 4,4	3,2 3,0 - 3,3
5	295	0,18 0,17 - 0,20	54,8 54,1 - 55,4	1,7 1,2 - 2,2	1,5 1,4 - 1,7
6	291	0,11 0,11 - 0,12	34,3 32,0 - 36,6	1,1 1,1 - 1,1	1,2 1,2 - 1,3
7	224	0,20 0,20 - 0,20	36,3 34,6 - 38,0	1,9 1,8 - 2,0	1,8 1,8 - 1,9
8	245	0,08 0,08 - 0,08	27,6 26,1 - 29,1	1,6 1,6 - 1,6	1,8 1,8 - 1,8
9	301	0,05* 0,05 - 0,05	23,0 21,8 - 24,1	1,3 1,1 - 1,5	1,6 1,4 - 1,7
10	214	0,10 0,10 - 0,11	33,7 33,2 - 34,2	1,8 1,8 - 1,9	1,8 1,7 - 1,9

*: < NG

Tab. 15: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von Fleckviehfärsen bei Sommerfütterung; Herkunft: Schlachthof Ingolstadt

Tier Nr.	SM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	221	0,16 0,15 - 0,16	39,9 38,7 - 41,1	5,0 4,3 - 5,8	1,8 1,8 - 1,8
2	272	0,12 0,12 - 0,12	38,2 36,1 - 40,3	4,6 3,4 - 5,8	1,0 1,0 - 1,1
3	235	0,55 0,52 - 0,59	98,1 97,1 - 99,1	5,9 5,6 - 6,3	4,0 3,2 - 4,7
4	198	0,14 0,13 - 0,15	54,7 54,7 - 54,8	3,0 2,6 - 3,3	1,9 1,6 - 2,2
5	298	0,62 0,62 - 0,62	111,2 111,0 - 111,4	10,2 7,7 - 12,7	3,4 3,4 - 3,4
6	279	0,55 0,54 - 0,56	137,7 137,6 - 137,9	5,4 5,4 - 5,5	4,1 3,7 - 4,4
7	289	0,21 0,18 - 0,25	46,2 45,1 - 47,6	3,5 3,5 - 3,6	1,1 1,1 - 1,1
8	296	0,27 0,27 - 0,28	36,5 32,5 - 38,4	3,0 2,8 - 3,1	2,5 2,3 - 2,7
9	264	0,39 0,39 - 0,40	61,4 58,1 - 64,6	4,6 4,3 - 4,9	3,9 3,5 - 4,2
10	278	0,40 0,40 - 0,40	71,7 70,3 - 73,1	7,1 6,2 - 8,0	2,2 1,8 - 2,5

Tab. 16: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von weiblichen Fleckviehkälbern bei Sommerfütterung; Herkunft: Schlachthof Ingolstadt

Tier Nr.	SM	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
1	68	0,16 0,16 - 0,16	28,0 27,1 - 28,8	2,6 2,5 - 2,8	3,2 2,6 - 3,8
2	111	0,53 0,52 - 0,54	111,3 109,7 - 112,9	5,7 5,2 - 6,1	5,3 4,8 - 5,8
3	102	0,36 0,36 - 0,37	80,3 80,0 - 80,6	5,2 5,0 - 5,3	4,7 4,2 - 5,1
4	109	0,33 0,33 - 0,33	61,3 61,3 - 61,3	3,1 2,9 - 3,3	4,1 3,5 - 4,6
5	104	0,36 0,35 - 0,37	52,7 51,1 - 54,1	2,6 2,4 - 2,8	3,6 3,5 - 3,6
6	107	0,27 0,26 - 0,28	58,3 58,0 - 58,5	3,7 3,4 - 4,1	2,1 1,9 - 2,3
7	103	0,28 0,27 - 0,30	61,7 58,5 - 64,9	2,0 1,9 - 2,1	2,4 2,2 - 2,6
8	104	0,27 0,26 - 0,27	56,0 55,9 - 56,1	3,0 3,0 - 3,0	3,3 2,4 - 4,4
9	100	0,28 0,28 - 0,28	73,8 73,0 - 74,7	2,7 2,6 - 2,8	2,3 2,2 - 2,3
10	107	0,54 0,54 - 0,54	88,3 80,9 - 95,7	4,6 4,4 - 4,7	6,0 6,0 - 6,0

Fortsetzung Tab. 16:

Tier Nr.	SM	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
11	100	0,45 0,44 - 0,45	86,5 86,1 - 86,9	3,3 3,3 - 3,4	3,7 3,6 - 3,7
12	109	0,51 0,50 - 0,53	110,1 108,7 - 111,4	4,0 3,5 - 4,5	3,7 3,0 - 4,3
13	102	0,45 0,42 - 0,49	80,7 77,0 - 84,1	2,7 2,4 - 2,9	3,2 3,2 - 3,2
14	108	0,52 0,51 - 0,52	78,0 73,9 - 82,1	4,2 3,7 - 4,7	3,4 3,2 - 3,6
15	107	0,34 0,33 - 0,34	60,9 58,4 - 63,3	2,6 2,5 - 2,7	2,4 2,4 - 2,4
16	68	0,67 0,66 - 0,69	110,0 106,3 - 113,8	5,6 5,4 - 5,8	4,3 3,8 - 4,8
17	63	0,16 0,15 - 0,17	58,2 57,6 - 58,8	1,8 1,6 - 2,1	2,1 2,0 - 2,2
18	65	0,38 0,37 - 0,39	54,9 54,2 - 55,6	3,0 2,7 - 3,3	2,8 2,4 - 3,1
19	81	0,31 0,30 - 0,31	69,7 68,0 - 71,4	4,1 3,7 - 4,4	3,9 3,4 - 4,3
20	49	0,81 0,78 - 0,84	154,4 146,6 - 162,1	4,7 4,5 - 4,9	7,0 6,7 - 7,3

Tab. 17: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von männlichen Schweinen der Deutschen Landrasse bei Sommerfütterung
Herkunft: Schlachthof München

Tier Nr.	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
1	0,46 0,43 - 0,50	90,5 86,8 - 94,2	4,7 4,6 - 4,9	3,8 3,1 - 4,5
2	0,34 0,34 - 0,35	68,2 64,8 - 71,6	3,8 3,8 - 3,8	4,6 4,4 - 4,9
3	0,51 0,50 - 0,52	144,8 133,9 - 155,7	6,2 6,1 - 6,2	6,3 6,2 - 6,4
4	0,38 0,38 - 0,39	114,9 112,5 - 123,0	4,7 4,2 - 5,2	4,3 4,0 - 4,6
5	0,41 0,40 - 0,41	84,1 82,6 - 85,7	4,7 4,2 - 5,2	4,5 4,4 - 4,6
6	0,26 0,26 - 0,26	68,0 66,2 - 69,8	3,1 3,0 - 3,2	2,6 2,5 - 2,7
7	0,17 0,16 - 0,18	54,6 49,8 - 59,4	3,6 3,5 - 3,6	3,2 3,0 - 3,4
8	0,32 0,31 - 0,32	93,3 92,9 - 93,7	6,2 5,5 - 6,9	4,5 3,9 - 5,5
9	0,32 0,30 - 0,34	92,5 88,6 - 96,3	4,4 4,0 - 4,8	3,7 2,9 - 4,4
10	0,29 0,29 - 0,29	78,2 76,4 - 83,9	3,9 3,5 - 4,2	3,8 3,6 - 4,0

Fortsetzung Tab. 17:

Tier Nr.	Blut	Fettgewebe	Muskulatur	Leber
11	0,39 0,38 - 0,39	94,8 93,3 - 95,9	6,0 5,1 - 6,9	2,9 2,8 - 3,0
12	0,24 0,23 - 0,24	63,2 61,4 - 65,0	4,9 3,9 - 5,9	3,9 3,8 - 4,0
13	0,28 0,26 - 0,29	96,6 94,7 - 98,4	6,4 6,2 - 6,5	3,5 3,4 - 3,6
14	0,34 0,34 - 0,35	84,3 83,3 - 85,3	4,0 3,8 - 4,3	4,9 4,0 - 5,6
15	0,24 0,24 - 0,25	66,2 64,5 - 67,9	4,0 3,2 - 4,6	2,3 2,2 - 2,5
16	0,20 0,20 - 0,20	69,8 64,5 - 75,2	2,6 2,6 - 2,6	2,6 2,4 - 2,8
17	0,57 0,56 - 0,57	129,0 122,7 - 135,3	7,7 7,5 - 7,9	5,8 5,5 - 6,1
18	0,34 0,32 - 0,35	97,4 87,2 - 107,6	5,0 4,5 - 5,5	4,9 3,8 - 6,0
19	0,27 0,25 - 0,28	76,8 72,5 - 81,2	5,7 5,1 - 6,3	3,4 2,5 - 4,2
20	0,23 0,22 - 0,24	89,3 85,3 - 93,2	2,8 2,4 - 3,2	3,6 3,3 - 4,0

Tab. 18: HCB-Konzentration (ppb) in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber von weiblichen Schweinen der Deutschen Landrasse bei Sommerfütterung
Herkunft: Schlachthof München

Tier Nr.	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
1	0,26 0,25 - 0,26	59,7 55,7 - 63,7	3,3 3,1 - 3,5	3,2 2,8 - 3,7
2	0,34 0,33 - 0,34	94,1 92,3 - 95,9	4,6 4,0 - 5,1	2,9 2,6 - 3,2
3	0,33 0,31 - 0,35	91,4 85,7 - 97,1	3,8 3,8 - 3,8	3,8 3,2 - 4,5
4	0,38 0,36 - 0,39	72,0 71,1 - 72,9	3,5 3,2 - 3,8	3,1 2,9 - 3,4
5	0,48 0,47 - 0,49	104,9 90,8 - 118,9	5,3 4,2 - 6,4	4,1 4,0 - 4,2
6	0,40 0,38 - 0,43	91,6 83,0 - 100,2	3,5 3,3 - 3,8	3,5 3,3 - 3,8
7	0,27 0,22 - 0,32	86,8 84,1 - 89,6	4,6 4,6 - 4,6	3,3 2,6 - 3,9
8	0,38 0,37 - 0,39	85,5 72,5 - 98,5	3,7 3,5 - 3,8	5,1 5,0 - 5,1
9	0,31 0,27 - 0,34	107,4 107,4 - 107,5	3,3 3,1 - 3,6	4,0 3,4 - 4,5
10	0,31 0,30 - 0,32	91,9 90,8 - 93,0	3,1 3,1 - 3,1	4,1 3,8 - 4,4

Fortsetzung Tab. 18:

Tier Nr.	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
11	0,33 0,31 - 0,35	70,8 66,0 - 75,5	2,5 2,3 - 2,7	3,1 3,0 - 3,2
12	0,41 0,40 - 0,41	119,2 105,3 - 133,1	4,5 4,4 - 4,5	3,8 3,4 - 4,1
13	0,17 0,14 - 0,19	42,2 39,2 - 45,2	1,9 1,6 - 2,2	1,6 1,5 - 1,6
14	0,37 0,36 - 0,39	98,7 94,6 - 102,9	4,6 4,4 - 4,8	4,1 3,3 - 4,9
15	0,33 0,32 - 0,34	85,8 82,9 - 88,7	4,4 4,1 - 4,7	4,3 4,1 - 4,5
16	0,15 0,15 - 0,16	60,9 59,7 - 62,1	3,3 2,7 - 3,8	2,7 2,5 - 2,9
17	0,54 0,53 - 0,55	137,1 124,8 - 149,4	7,0 4,8 - 9,2	6,4 5,3 - 7,4
18	0,64 0,62 - 0,65	155,4 153,3 - 157,4	5,2 3,8 - 6,6	5,8 5,5 - 6,2
19	0,21 0,20 - 0,21	80,7 76,4 - 84,9	4,2 3,2 - 3,5	3,1 2,8 - 3,5
20	0,29 0,27 - 0,30	91,1 86,8 - 95,3	3,3 3,0 - 3,6	3,2 2,9 - 3,5

8. Versuchsauswertung

Die Auswertung der Versuchsergebnisse erfolgt unter dem Gesichtspunkt der Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol in den Schlachtkörpern verschiedener Nutztierarten und unter dem Aspekt der Konzentrationsverhältnisse zwischen dem Blut und den untersuchten Geweben.

8.1. Rückstandsbildung

Bei der Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol interessiert zunächst ihr quantitativer Umfang. Weitere Bedeutung besitzen gewebespezifische, fütterungs-, alters- und geschlechtsbedingte sowie tierartliche Unterschiede der Hexachlorbenzolspeicherung. Außerdem ist die Abhängigkeit der Rückstandsbildung vom Gesundheitszustand eine praktisch wichtige Frage.

8.1.1. Umfang der Rückstandsbildung

Den Tabellen 3 bis 18 läßt sich entnehmen, daß alle untersuchten Schlachttierproben, ausgenommen 2 Blutproben, nachweisbare Rückstände enthalten haben.

Zu ihrer quantitativen Charakterisierung sind aus den Tabellen 3 bis 18 die arithmetischen Mittelwerte ($\bar{x}$) sowie die zugehörigen Standardabweichungen ($s_{\bar{x}}$) und die Variationskoeffizienten (V) errechnet und in der folgenden Tabelle zusammengefaßt worden.

Tab. 19: Mittlere Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber ($\bar{x}$, $s_{\bar{x}}$, V)

Fütterung, Tierart und Geschlecht	HCB-Konzentration (ppb)			
	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
<u>Winterfütterung</u>				
Bullen	0,4215	81,0850	5,8500	3,1450
	0,0517	8,6192	0,6317	0,2422
	0,5482	0,4754	0,4829	0,3444
Milchkühe	0,3335	58,0150	5,2350	2,1000
	0,0367	5,5704	0,5090	0,1848
	0,4922	0,4294	0,4348	0,3936
Kühe, Notschl.	0,3300	70,8800	8,3500	4,6778
	0,0404	7,4323	0,7309	0,4658
	0,3875	0,3316	0,2768	0,3149
Färsen	0,4260	82,5400	7,1700	3,7800
	0,0712	12,3224	1,0474	0,5253
	0,5288	0,4721	0,4620	0,4395
Kälber, weibl.	0,4815	85,8650	3,1350	3,6250
	0,0729	11,0427	0,3996	0,4518
	0,6769	0,5751	0,5700	0,5574
Schweine, männl.	0,4165	141,4450	9,8050	7,6900
	0,0401	12,4554	0,7701	0,6489
	0,4304	0,3938	0,3512	0,3774
Schweine, weibl.	0,4105	162,4000	11,3450	9,3050
	0,0308	9,9165	0,6222	0,5124
	0,3351	0,2731	0,2453	0,2462

Fortsetzung Tab. 19:

Fütterung, Tierart und Geschlecht	HCB-Konzentration (ppb)			
	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
<u>Übergangsfütterung</u>				
Milchkühe	0,2983	73,4417	7,0750	4,2500
	0,0389	7,7358	0,8609	0,4781
	0,4513	0,3649	0,4215	0,3897
Schafe, weibl.	0,1350	60,1286	5,7214	4,1786
	0,0167	5,2928	0,6272	0,4158
	0,4622	0,3294	0,4102	0,3723
<u>Sommerfütterung</u>				
Bullen	0,2940	72,9250	5,2900	3,4800
	0,0493	11,2591	0,6644	0,4008
	0,7500	0,6905	0,5616	0,5150
Milchkühe	0,2345	58,3850	3,9700	2,5250
	0,0310	6,8779	0,4684	0,3045
	0,5915	0,5268	0,5277	0,5393
Kühe, Notschl.	0,1360	37,0400	2,0500	1,6900
	0,0228	4,4922	0,2845	0,2073
	0,5309	0,3835	0,4389	0,3880
Färsen	0,3410	69,5600	5,2300	2,5900
	0,0592	11,0479	0,6869	0,3749
	0,5489	0,5023	0,4153	0,4577
Kälber, weibl.	0,3990	76,7550	3,5600	3,6700
	0,0365	6,2874	0,2586	0,2917
	0,4094	0,3663	0,3248	0,3554

Fortsetzung Tab. 19:

Fütterung, Tierart und Geschlecht	HCB-Konzentration (ppb)			
	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
<u>Sommerfütterung</u>				
Schweine, männl.	0,3280	87,8250	4,7200	3,9550
	0,0320	4,9933	0,2970	0,2332
	0,3137	0,2543	0,2814	0,2637
Schweine, weibl.	0,3450	91,3600	3,9800	3,7600
	0,0261	5,8072	0,2498	0,2426
	0,3387	0,2843	0,2807	0,2886

Aus Tabelle 19 geht hervor, daß die durchschnittliche Rückstandskonzentration von HCB bei allen untersuchten Tieren im Blut 0,48 ppb (weibliche Kälber), in der Leber 9,31 ppb (weibliche Schweine), in der Muskulatur 11,35 ppb (weibliche Schweine) und im Fettgewebe 162,40 ppb (weibliche Schweine) nicht überschreitet.

8.1.2. Rückstandsbildung im Blut und den einzelnen Geweben

Es stellt sich nun die Frage, ob die in Tabelle 19 erkennbaren Konzentrationsunterschiede der HCB-Rückstände zwischen Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber signifikant oder zufällig sind. Sie ist durch eine varianzanalytische Prüfung mit folgendem Ergebnis geklärt worden:

Die Rückstandsbildung von HCB ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ im Fettgewebe >> Muskulatur und Leber >> Blut.

Die Konzentrationsunterschiede zwischen Muskulatur und Leber lassen sich mit Hilfe des t-Testes nur in dem aus Tabelle 20 ersichtlichen Umfang mit der dort angegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit sichern.

Tab. 20: Irrtumswahrscheinlichkeit für eine Rückstandsbildung von HCB in der Muskulatur > Leber

Versuchsgruppe	Fütterung		
	Winter	Frühjahr	Sommer
Bullen	< 0,001		< 0,05
Milchkühe	< 0,0001	< 0,02	< 0,02
Kühe, Notschlacht.	< 0,001		ns
Färsen	< 0,01		< 0,01
Kälber, weiblich	ns		ns
Schweine, männlich	< 0,05		ns
Schweine, weiblich	< 0,02		ns
Schafe, weiblich		ns	

ns: nicht signifikant (nur zufällige Unterschiede)

Demnach entsteht der Eindruck, daß die Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol bei erwachsenen Rindern und bei Färsen in der Muskulatur höher ist als in der Leber und daß dieser Effekt besonders bei Winterfütterung (im Winter ?) zu beobachten ist (siehe Schweine).

8.1.3. Abhängigkeit der Rückstandsbildung von der Fütterung

Von weiterem Interesse ist die Frage, ob die in Tabelle 19 angegebenen Rückstandsunterschiede bei Winter-, Übergangs- und Sommerfütterung statistisch relevant sind. Zu ihrer Beantwortung sind die einzelnen Versuchsgruppen anhand des t-Testes mit dem in Tabelle 21 angegebenen Ergebnis verglichen worden.

Tab. 21: Rückstandsbeurteilung bei verschiedener Fütterung
($p < 0,05$ bis $< 0,001$)

Versuchsgruppe	Untersuchungsprobe			
	Blut	Fett- gewebe	Musku- latur	Leber
Bullen	W = S	W = S	W = S	W = S
Milchkühe	W > S	W = S	W = S	W = S
Milchkühe	W = Ü	W = Ü	W = Ü	W < Ü
Milchkühe	Ü = S	Ü = S	Ü > S	Ü > S
Kühe, Notschl.	W > S	W > S	W > S	W > S
Färsen	W = S	W = S	W = S	W = S
Kälber, weibl.	W = S	W = S	W = S	W = S
Schweine, männl.	W = S	W > S	W > S	W > S
Schweine, weibl.	W = S	W > S	W > S	W > S

W, Ü, S: Rückstandsbildung bei Winter-, Übergangs- bzw. Sommerfütterung

Tabelle 21 zeigt, daß die Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol bei rund 2/3 aller Vergleiche keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen Winter-, Übergangs- bzw. Sommerfütterung aufweist.

Soweit Unterschiede vorliegen (Schweine, notgeschlachtete Kühe), sind die Rückstände bei Sommerfütterung stets niedriger als bei Winter- bzw. Übergangsfütterung.

8.1.4. Abhängigkeit der Rückstandsbildung vom Gesundheitszustand

Zur Beurteilung eines etwaigen Einflusses des Gesundheitszustandes auf die Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol sind die in Tabelle 19 angegebenen Konzentrationsunterschiede zwischen gesunden und notgeschlachteten Kühen anhand des t-Testes auf statistische Signifikanz mit dem in Tabelle 22 angegebenen Ergebnis verglichen worden.

Tab. 22: Vergleich der HCB-Rückstände bei gesunden (I) und notgeschlachteten (II) Kühen ($p < 0,05$ bis $< 0,001$)

Untersuchungsprobe	Winterfütterung	Sommerfütterung
Blut	I = II	I > II
Fettgewebe	I = II	I > II
Muskulatur	I < II	I > II
Leber	I < II	I > II

Die Auswertung vermittelt den Eindruck, daß bei Sommerfütterung die HCB-Rückstände in Blut und Geweben gesunder Kühe höher sind als bei notgeschlachteten Tieren.

8.1.5. Abhängigkeit der Rückstandsbildung vom Alter

Die Auswertung von Tabelle 19 hinsichtlich Altersunterschieden der Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol anhand des t-Testes führt zu dem in Tabelle 23 zusammengefaßten Resultat.

Tab. 23: Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol bei Tieren verschiedenen Alters ($p < 0,05$ bis $< 0,001$)

Untersuchungsprobe	Winterfütterung	Sommerfütterung
Blut	Kü = Fä Kü = Kä Fä = Kä	Kü = Fä Kü < Kä Fä = Kä
Fettgewebe	Kü < Fä Kü < Kä Fä = Kä	Kü = Fä Kü = Kä Fä = Kä
Muskulatur	Kü < Fä Kü > Kä Fä > Kä	Kü = Fä Kü = Kä Fä > Kä

Fortsetzung Tab. 23:

Untersuchungsprobe	Winterfütterung	Sommerfütterung
Leber	Kü < Fä Kü < Kä Fä = Kä	Kü = Fä Kü < Kä Fä < Kä

Kü: Milchkühe; Fä: Färsen; Kä: weibliche Kälber

Aus Tabelle 23 ergibt sich, daß altersbedingte Rückstandsunterschiede hauptsächlich bei Organen und Geweben vorliegen und hier bei Winterfütterung häufiger zu beobachten sind als bei Sommerfütterung.

8.1.6. Abhängigkeit der Rückstandsbildung vom Geschlecht

Bei Auswertung von Tabelle 19 unter dem Aspekt geschlechtsabhängiger Unterschiede der HCB-Speicherung mit Hilfe des t-Testes werden die in Tabelle 24 angegebenen Ergebnisse gewonnen.

Tab. 24: Rückstandsbildung von HCB bei Rindern und Schweinen verschiedenen Geschlechts ($p < 0,05$ bis $< 0,002$)

Untersuchungsprobe	Winterfütterung	Sommerfütterung
Blut	Bu = Kü mSchw = wSchw	Bu = Kü mSchw = wSchw
Fettgewebe	Bu > Kü mSchw = wSchw	Bu = Kü mSchw = wSchw
Muskulatur	Bu = Kü mSchw = wSchw	Bu = Kü mSchw = wSchw
Leber	Bu > Kü mSchw = wSchw	Bu = Kü mSchw = wSchw

Bu: Bullen; Kü: Kühe; mSchw: männl. Schweine; wSchw: weibl. Schweine

Tabelle 24 zeigt, daß die HCB-Gehalte in nahezu allen Untersuchungsproben von männlichen und weiblichen Rindern bzw. Schweinen bei Winter- und Sommerfütterung übereinstimmen.

8.1.7. Abhängigkeit der Rückstandsbildung von der Tierart

Über tierartliche Unterschiede der Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol informiert Tabelle 25, in welcher das Ergebnis einer Auswertung von Tabelle 19 anhand des t-Testes zusammengefaßt ist.

Tab. 25: Rückstandsbildung von HCB bei verschiedenen Tierarten ($p < 0,05$ bis $< 0,001$)

Untersuchungsprobe	Winterfütterung	Sommerfütterung
Blut	Bu = mSchw Kü = wSchw Kü > wSchf	Bu = mSchw Kü < wSchw Kü = wSchf
Fettgewebe	Bu < mSchw Kü < wSchw Kü = wSchf	Bu = mSchw Kü < wSchw Kü = wSchf
Muskulatur	Bu < mSchw Kü < wSchw Kü = wSchf	Bu = mSchw Kü = wSchw Kü < wSchf
Leber	Bu < mSchw Kü < wSchw Kü < wSchf	Bu = mSchw Kü < wSchw Kü = wSchf

Bu: Bullen; Kü: Milchkühe; mSchw: männliche Schweine;
wSchw: weibliche Schweine; wSchf: weibliche Schafe

Aus der vorstehenden Tabelle ergibt sich, daß Schweine während der Winterfütterung in Fettgewebe, Muskulatur und Leber höhere HCB-Rückstände aufweisen als Rinder. Bei Sommerfütterung ist dieser Unterschied nur bei den weiblichen Tieren angedeutet.

8.2. Konzentrationsverhältnisse zwischen Blut und Geweben

Im Hinblick auf die potentielle Möglichkeit, die Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol in verwertbaren Geweben und Organen von Schlachttieren anhand einer Blutprobe *v o r* der Schlachtung abzuschätzen, ist die Frage einer Korrelation der HCB-Rückstände im Blut und den untersuchten Geweben von besonderer praktischer Bedeutung.

Aufgrund der theoretischen Überlegungen im Literaturteil, ist eine solche Korrelation nicht nur zu erwarten, sondern durch eine lineare Regression der allgemeinen Form

$$C_B = a + b \cdot C_G$$

beschreibbar, wenn C_B und C_G die HCB-Konzentration im Blut bzw. Gewebe symbolisieren und a bzw. b Konstanten sind, deren Bedeutung aus der folgenden Darstellung der Regressionsgleichung hervorgeht.

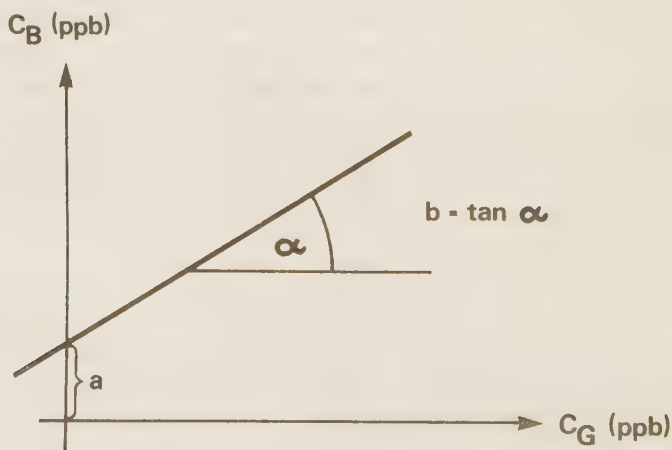


Abb. 5: Erwarteter Zusammenhang der Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol im Blut und den untersuchten Geweben.

Zur Prüfung der vorstehenden Annahme sind die Tabellen 3 bis 18 statistisch ausgewertet worden mit dem Ziel,

- a) Korrelationen zwischen der Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol im Blut und den untersuchten Geweben aufzudecken und
- b) vorhandene Korrelationen durch Regressionsgleichungen zu beschreiben.

Das Ergebnis der Auswertung ist in den Tabellen 26 bis 28 zusammengefaßt. Dabei bedeutet r den Korrelationskoeffizienten, p dessen Irrtumswahrscheinlichkeit für einen Fehler 1ter Art, a und b die Koeffizienten der einzelnen Regressionsgleichungen (s. Abb. 5) und $s_{y \cdot x}$ die Standardabweichung der Regressionsgeraden.

8.2.1. Zusammenhang der Rückstandsbildung in Blut und Fettgewebe

Zwischen den Hexachlorbenzolrückständen im Blut und im perirenal Fettgewebe bestehen die in Tabelle 26 angegebenen Beziehungen.

Tab. 26: Korrelationen und Regressionen der HCB-Rückstände in Blut und perirenalem Fettgewebe

Gruppe	r	$p <$	a	b	$s_{y \cdot x}$
<u>Winterfütterung</u>					
Bullen	0,9058	0,001	-0,0188	0,0054	0,1049
Milchkühe	0,8923	0,001	-0,0075	0,0059	0,0728
Kühe, Notschl.	0,9032	0,001	-0,0163	0,0049	0,0529
Färsen	0,8911	0,001	0,0013	0,0051	0,1175
Kälber, weibl.	0,8346	0,001	0,0098	0,0055	0,1838
Schweine, männl.	0,8541	0,001	0,0272	0,0028	0,0794
Schweine, weibl.	0,8429	0,001	-0,0115	0,0026	0,0768

Fortsetzung Tab. 26:

Gruppe	r	p <	a	b	$s_{y \cdot x}$
<u>Übergangsfütterung</u>					
Milchkühe	0,8049	0,001	0,0015	0,0040	0,0889
Schafe, weibl.	0,8520	0,001	0,0029	0,0023	0,0245
<u>Sommerfütterung</u>					
Bullen	0,9166	0,001	0,0020	0,0040	0,0911
Milchkühe	0,8599	0,001	0,0066	0,0039	0,0721
Kühe, Notschl.	0,8753	0,001	-0,0233	0,0044	0,0412
Färsen	0,8845	0,001	0,0114	0,0048	0,0825
Kälber, weibl.	0,9049	0,001	-0,0069	0,0053	0,0686
Schweine, männl.	0,8070	0,001	0,0032	0,0037	0,0600
Schweine, weibl.	0,8594	0,001	-0,0088	0,0039	0,0480

Aus Tabelle 26 ergibt sich, daß bei allen Versuchsgruppen unabhängig von der Fütterung ein statistisch gesicherter linearer Zusammenhang zwischen den HCB-Rückständen im perirenaln Fettgewebe und im Blut besteht.

Zur Veranschaulichung dieses Zusammenhanges wird die Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol in Blut und Fettgewebe der Bullengruppe bei Sommerfütterung in Abbildung 6 exemplarisch dargestellt.

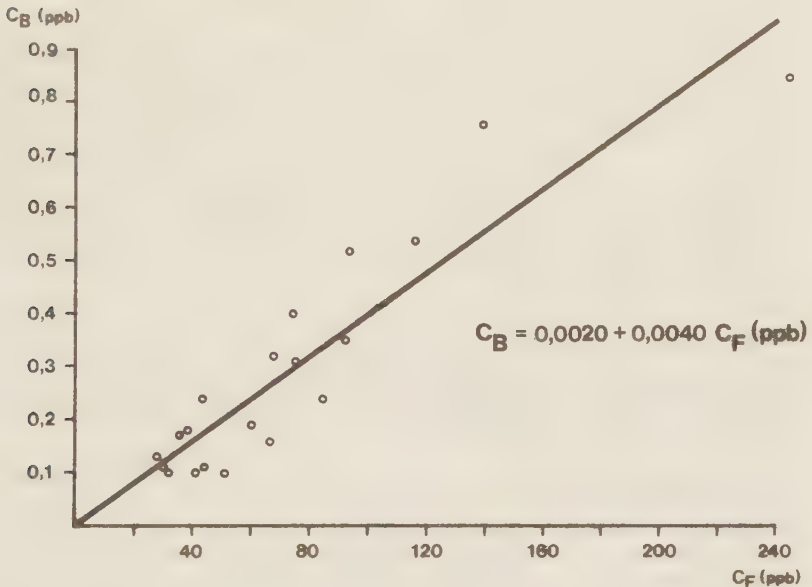


Abb. 6: Korrelation zwischen der HCB-Konzentration in Blut (C_B) und perirenalem Fettgewebe (C_F) der Bullengruppe bei Sommerfütterung

8.2.2. Zusammenhang der Rückstandsbildung in Blut und Muskulatur

Die Beziehungen zwischen der Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol im Blut und in der Muskulatur gehen aus Tabelle 27 hervor.

Tab. 27: Korrelationen und Regressionen der HCB-Rückstände
in Blut und Muskulatur

Gruppe	r	p <	a	b	$s_{y \cdot x}$
<u>Winterfütterung</u>					
Bullen	0,7819	0,001	0,0472	0,0638	0,1480
Milchkühe	0,7802	0,001	0,0405	0,0561	0,1049
Kühe, Notschl.	0,6443	0,05	0,0327	0,0355	0,1034
Färsen	0,8280	0,001	0,0227	0,0562	0,1338
Kälber, weibl.	0,7716	0,001	0,0399	0,1407	0,2124
Schweine, männl.	0,7835	0,001	0,0168	0,0409	0,1149
Schweine, weibl.	0,7051	0,001	0,0188	0,0346	0,1000
<u>Übergangsfütterung</u>					
Milchkühe	0,8198	0,001	0,0358	0,0369	0,0812
Schafe, weibl.	0,6414	0,01	0,0574	0,0145	0,0424
<u>Sommerfütterung</u>					
Bullen	0,6760	0,001	0,0288	0,0502	0,1664
Milchkühe	0,7295	0,001	0,0409	0,0487	0,0975
Kühe, Notschl.	0,8023	0,001	0,0102	0,0639	0,0458
Färsen	0,7232	0,01	0,0174	0,0620	0,1371
Kälber, weibl.	0,7100	0,001	0,0365	0,1018	0,1192
Schweine, männl.	0,6595	0,001	0,0931	0,0500	0,0787
Schweine, weibl.	0,6983	0,001	0,0539	0,0729	0,0860

Die vorstehende Tabelle zeigt, daß die erwartete Korrelation zwischen den HCB-Rückständen in der Muskulatur und im Blut bei allen Versuchsgruppen statistisch gesichert ist.

8.2.3. Zusammenhang der Rückstandsbildung in Blut und Leber

Über den Zusammenhang der HCB-Rückstände in Blut und Leber informiert Tabelle 28.

Tab. 28: Korrelationen und Regressionen der HCB-Rückstände in Blut und Leber

Gruppe	r	p<	a	b	$s_{y \cdot x}$
<u>Winterfütterung</u>					
Bullen	0,6096	0,01	0,0137	0,1297	0,1879
Milchkühe	0,7103	0,001	0,0384	0,1411	0,1187
Kühe, Notschl.	0,7272	0,05	0,0306	0,0604	0,0894
Färsen	0,7441	0,01	0,0467	0,1002	0,1594
Kälber, weibl.	0,7852	0,001	0,0262	0,1256	0,2071
Schweine, männl.	0,7459	0,001	0,0631	0,0461	0,1233
Schweine, weibl.	0,6270	0,01	0,0632	0,0374	0,1100
<u>Übergangsfütterung</u>					
Milchkühe	0,7903	0,01	0,0220	0,0646	0,0854
Schafe, weibl.	0,7187	0,01	0,0372	0,0245	0,0387
<u>Sommerfütterung</u>					
Bullen	0,6843	0,001	0,0018	0,0841	0,1646
Milchkühe	0,8807	0,001	0,0075	0,0899	0,0678
Kühe, Notschl.	0,7117	0,05	0,0046	0,0804	0,0539
Färsen	0,8607	0,001	-0,0143	0,1380	0,1015
Kälber, weibl.	0,7628	0,001	0,0456	0,0966	0,1091
Schweine, männl.	0,7388	0,001	0,0389	0,0730	0,0707
Schweine, weibl.	0,8211	0,001	0,0107	0,0885	0,0678

Nach Tabelle 28 besteht - ebenso wie beim perirenal Fettgewebe und der Muskulatur - auch eine statistisch gesicherte Korrelation zwischen den HCB-Rückständen in Blut und Leber.

8.2.4. Quantitative Beurteilung der Konzentrationsverhältnisse von Hexachlorbenzol in Blut und Geweben

Nachdem sich gezeigt hat, daß die Rückstandskonzentrationen von HCB im Blut und den untersuchten Geweben korreliert sind, stellt sich die Frage nach der quantitativen Bedeutung der Konzentrationsverhältnisse. Zur Beantwortung dieser Frage ist zunächst zu prüfen, ob und in welchem Umfang die Regressionskoeffizienten b und die Achsenabschnitte a (s. Abb. 5) tatsächlich oder zufällig verschieden sind.

Ein varianzanalytischer Vergleich der Regressionskoeffizienten ergibt, daß diese

- zwischen den einzelnen Versuchsgruppen einer Blut-Gewebere-
lation nur zufällig (nicht signifikant) verschieden sind,
daß aber
- zwischen den 3 Blut-Gewebere-
lationen aller Versuchsgruppen
signifikante Unterschiede bestehen ($p < 0,05$).

Es ist deshalb zulässig, die Regressionskoeffizienten wie folgt zusammenzufassen:

Tab. 29: Mittlere Regressionskoeffizienten der Blut-Gewebe-
relationen einschließlich Standardabweichung

Blut-Fettgewebe	Blut-Muskulatur	Blut-Leber
0,0043 + 0,0000	0,0580 + 0,0075	0,0863 + 0,0087

Im Gegensatz zu den gewebespezifischen Unterschieden der Regressionskoeffizienten, ergibt eine statistische Analyse (t-Test) der Achsenabschnitte, daß diese bei allen Versuchsgruppen und Blut-Gewebere-
lationen nur zufällig von Null verschieden sind ($p < 0,05$). Es ist deshalb erlaubt $a_i = 0$ zu setzen, wodurch sich die Konzentrationsverhältnisse zwischen Blut und Geweben auf die allgemeine Form

$$C_B = b \cdot C_G$$

vereinfachen.

8.3. Abschätzung der HCB-Rückstände in perirenalem Fettgewebe, Muskulatur und Leber anhand von Blutproben

Die vorstehende vereinfachte Regressionsgleichung ermöglicht in Verbindung mit den Regressionskoeffizienten von Tabelle 29 eine Abschätzung der HCB-Rückstände in den untersuchten Geweben von l e b e n d e n Bullen, Milchkühen, Färsen, Kälbern, Schafen und Schweinen, wenn die HCB-Konzentration des Blutes durch Untersuchung einer Blutprobe bestimmt wird. Die Konzentration des interessierenden Gewebes ergibt sich dabei zu

$$C_G = \frac{C_B}{b}$$

wobei b den gewebespezifischen Regressionskoeffizienten in Tabelle 29 bedeutet und die Maßeinheit der HCB-Konzentration des Gewebes der Maßeinheit des Blutes entspricht. In Worten besagt die vorstehende Schätzformel, daß die HCB-Rückstände im perirenenalen Fettgewebe rund 233 mal, in der Muskulatur 17 mal und in der Leber 12 mal höher sind als im Blut.

Bei Anwendung der vereinfachten Berechnungsformel $C_G = C_B/b$ zur Abschätzung der Rückstandskonzentration von Hexachlorbenzol in den Geweben wird das Ergebnis um den Betrag a/b

- größer geschätzt wenn $a > 0$ bzw.

- kleiner geschätzt wenn $a < 0$ ist

als bei Anwendung der nicht vereinfachten Formel

$$C_G = \frac{(C_B - a)}{b}$$

IV. DISKUSSION

Im folgenden wird versucht, die Untersuchungsergebnisse zu interpretieren und die wichtigsten Schlußfolgerungen darzulegen.

1. Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol

Umfang. Aus der in Tabelle 19 angegebenen durchschnittlichen Rückstandsbildung von HCB läßt sich in Verbindung mit Tabelle 2 errechnen, daß die auf F e t t b a s i s bezogene durchschnittliche Rückstandsbildung in der Leber aller untersuchten Tiere 0,371 ppm, in der Muskulatur 0,357 ppm und im Fettgewebe 0,169 ppm nicht überschreitet. Sie bleibt damit unter der zulässigen Höchstkonzentration von 0,5 ppm HCB im Organ- bzw. Gewebefett.

Bei einer Bewertung der fettbezogenen durchschnittlichen HCB-Rückstände ist zu berücksichtigen, daß in Tabelle 2 die e x t r a h i e r b a r e n Fettanteile angegeben sind, nicht die für die Rückstandsbildung maßgeblichen Gesamtlipide. Dies mag den Konzentrationsunterschied zwischen Leber und Muskulatur einerseits und dem Fettgewebe andererseits insofern erklären, als der extrahierbare Anteil der Gesamtlipide im Fettgewebe offenbar etwa doppelt so hoch ist als in Leber und Muskulatur.

Verteilungsmuster. Die in Tabelle 19 zusammengefaßten Untersuchungsergebnisse zeigen, daß Hexachlorbenzol vor allem im Fettgewebe Rückstände bildet. Dies ist auch von anderen Untersuchern bei weiblichen Rindern und Mastbullen (Knöppler 1976), bei Schweinen (Knöppler et al. 1975) sowie bei Hühnern (Dorn und Knöppler 1977) festgestellt worden. Die Rückstände von Tabelle 19 beziehen sich auf perirenales Fettgewebe und sind deshalb nach Fries und Marrow (1977) höher als in den übrigen Fettgeweben des Organismus.

Die Rückstände in Muskulatur und Leber sind etwa 1 Größenordnung kleiner als im Fettgewebe. Abgesehen von der in Tabelle 20 angegebenen Auswertung, hat ein zusätzlicher Vierfeldertest gezeigt, daß die Muskulatur eine signifikant

($p < 0,01$) höhere Rückstandsbildung aufweist als die Leber.

Im Blut sind die HCB-Rückstände etwa um 1 weitere Größenordnung niedriger als in den beiden vorgenannten Geweben.

Fütterungsperiode. Bei konventioneller Auswertung mit Hilfe des t-Testes hat sich eine Abhängigkeit der Rückstandsbildung von der Fütterungsperiode nur in dem in Tabelle 21 angegebenen Umfang sichern lassen. Wird jedoch der in Tabelle 19 erkennbare Trend mit Hilfe eines Häufigkeitstestes mitverwertet, so ergibt sich eine relative Häufigkeit von 23/28 bzw. eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,01$ zugunsten einer geringeren Rückstandsbildung bei Sommerfütterung.

Gesundheitszustand. Beim Vergleich der HCB-Rückstände von notgeschlachteten und gesunden Kühen zeigt sich, daß die notgeschlachteten Tiere im Sommer niedrigere Rückstände aufweisen als die gesunden (s. Tabelle 22). Man könnte das mit einer HCB-Mobilisierung infolge Adrenalinausschüttung im Streß erklären, wenn dieses Phänomen auch im Winter zu beobachten gewesen wäre. Da hier jedoch teilweise gegenteilige Befunde vorliegen, muß diese Frage offen bleiben.

Alter. Die Frage, ob die HCB-Retention im Organismus eine Abhängigkeit vom Lebensalter erkennen läßt, ist durch einen Vergleich der HCB-Rückstände bei Milchkühen, Färsen (weiblichen Jungrindern) und weiblichen Kälbern mit dem in Tabelle 23 angegebenen Ergebnis geprüft worden. Ein zusätzlicher Häufigkeitstest ergibt jedoch eine relative Häufigkeit von 19/24 mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,001$ für eine geringere Rückstandsbildung bei älteren Tieren im Vergleich mit jüngeren. Dieses Ergebnis mag auf eine stärkere HCB-Kontamination des Jungtierfutters (hoher Kraftfutteranteil) und eine zusätzliche HCB-Ausscheidung mit der Kuhmilch zurückzuführen sein.

Geschlecht. Zur Untersuchung geschlechtsspezifischer Retentionsunterschiede sind die Bullen- und Milchkuhgruppen sowie die männlichen und weiblichen Schweinegruppen verglichen worden. Das Ergebnis geht aus Tabelle 24 hervor und zeigt, daß die Rückstandsbildung bei den Bullengruppen höher ist.

Dies kann mit einer höheren HCB-Ausscheidung der Kühe über die Milch zusammenhängen. Bei den Schweinen konnte nämlich ein geschlechtsspezifischer Retentionsunterschied nicht gesichert werden.

Tierart. Die Frage, ob tierartliche Unterschiede der Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol zwischen Rindern und Schweinen bestehen, ist wie in Tabelle 25 angegeben, geprüft worden. Sowohl die dortigen Ergebnisse, als auch ein zusätzlicher Häufigkeitstest ($p < 0,01$) zeigen, daß die Rückstandsbildung bei Schweinen höher ist als bei Rindern. Es liegt nahe, dies mit der unterschiedlichen Fütterung (mehr kontaminiertes Kraftfutter beim Schwein) und Haltung (ausschließliche Stallhaltung beim Schwein) beider Tierarten zu erklären.

2. Konzentrationsverhältnisse zwischen Blut und Geweben

Aus den Tabellen 26, 27 und 28 ergibt sich, daß zwischen der Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol im Fettgewebe, der Muskulatur sowie der Leber einerseits und im Blut andererseits eine statistisch gesicherte Korrelation besteht, wie dies aufgrund der Überlegungen zur HCB-Kinetik im Organismus zu erwarten war (s. Literaturteil).

Der Zusammenhang zwischen Blut und Geweben ist durch eine lineare Regression der Form $C_{\text{Blut}} = a + b \cdot C_{\text{Gewebe}}$ beschreibbar, wobei sich gezeigt hat, daß der Ordinatenabschnitt a nur zufällig von Null verschieden, also vernachlässigbar ist. Dies ist nicht nur theoretisch zu erwarten, sondern zeigt zugleich, daß eine *l i n e a r e* Beschreibung der Blut-Geweberelationen adäquat ist und daß den Untersuchungsergebnissen kein konstanter Fehler anhaftet.

Der Regressionskoeffizient b hat sich erwartungsgemäß als gewebespezifisch erwiesen (s. Tabelle 29), was die Existenz verschiedener Verteilungsräume von Hexachlorbenzol im Organismus beweist. Sie enthalten verschiedene Rückstandskonzentrationen, welche bei den untersuchten Tieren in folgenden konstanten Verhältnissen stehen: Leber/Muskulatur/Fettgewebe = 12/17/233, während die HCB-Konzentration im Blut um diese Faktoren kleiner ist als in den betreffenden Geweben.

Bemerkenswert ist dabei, daß die 3 gewebespezifischen Regressionskoeffizienten offenbar unabhängig sind von Fütterung, Alter, Geschlecht und Tierart, anscheinend also allgemeine Gültigkeit haben.

Der Umstand, daß die HCB-Rückstände im Blut und den untersuchten Geweben in einem konstanten Verhältnis stehen ($C_{\text{Blut}}/C_{\text{Gewebe}} = b$) eröffnet die Möglichkeit, von der HCB-Konzentration im Blut auf die Konzentration im Gewebe zu schließen. Die Berechnungsvorschrift ist unter Punkt III.8.3. angegeben. Sie sollte eine Abschätzung der HCB-Rückstände in den wichtigsten verwertbaren Geweben (Fettgewebe, Muskulatur, Leber) aufgrund einer einfachen Blutuntersuchung beim lebenden Schlachttier ermöglichen und damit eine Maßregelung des Schlachtkörpers wegen Überschreitung der zulässigen HCB-Rückstände vermeiden helfen.

V. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wird über die derzeitige Rückstandssituation von Hexachlorbenzol in Blut, Fettgewebe, Muskulatur und Leber schlachtbarer Nutztiere und über die Korrelation der HCB-Konzentration im Blut und den angegebenen Geweben bzw. Organen berichtet.

Die untersuchten Tiere waren 40 Mastbullen, 52 Milchkühe, 20 notgeschlachtete Kühe, 20 Färsen und 40 weibliche Kälber der Rasse Deutsches Fleckvieh sowie 40 männliche und 40 weibliche Schweine der Deutschen Landrasse und 14 weibliche Merinolandschafe. Sie stammten aus den Einzugsgebieten der Schlachthöfe München und Ingolstadt und wurden zufällig ausgewählt.

Die Blut- und Gewebeproben wurden von Januar bis März 1978 (Winterfütterung), Mai 1978 (Übergangsfütterung) und Juli bis September 1978 (Sommerfütterung) gewonnen und gaschromatographisch auf Hexachlorbenzol (HCB) untersucht.

Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die auf Fettbasis bezogenen durchschnittlichen Höchstkonzentrationen der HCB-Rückstände bleiben mit 0,371 ppm in der Leber, 0,357 ppm in der Muskulatur und 0,169 ppm im Fettgewebe aller untersuchten Tiere unter der zulässigen Toleranzgrenze von 0,5 ppm.
2. Die Rückstandskonzentrationen von Hexachlorbenzol fallen in Fettgewebe, Muskulatur, Leber und Blut im Verhältnis 233:17:12:1 ab.
3. Die Rückstandsbildung von HCB ist bei Sommerfütterung geringer als bei Winterfütterung. Schweine und Jungrinder retinieren mehr Hexachlorbenzol als erwachsene Rinder; Kühe weisen niedrigere HCB-Rückstände auf als die übrigen Rindergruppen.
4. Zwischen der Rückstandsbildung von Hexachlorbenzol im Blut und den untersuchten Körpergeweben besteht eine Korrelation. Sie ist durch eine lineare Regression der Form $C_{\text{Blut}} = b \cdot C_{\text{Gewebe}}$ beschreibbar (b: Regressionskoeffizient; C: Konzentration).

Die Regressionskoeffizienten für Fettgewebe, Muskulatur und Leber wurden zu $0,0043 \pm 0,0000$; $0,0580 \pm 0,0075$ und $0,0863 \pm 0,0087$ ermittelt.

5. Eine Auflösung der angegebenen Regressionsgleichung nach der HCB-Konzentration im Gewebe (C_{Gewebe}) ermöglicht in Verbindung mit den ermittelten Regressionskoeffizienten eine Abschätzung der HCB-Rückstände in Fettgewebe, Muskulatur und Leber von l e b e n d e n Schlachttieren anhand einer Blutprobe.

V. SUMMARY

This work reports on the present status of hexachlorobenzene (HCB) residue in the blood, adipose tissue, muscular tissue and liver of domestic animals raised for slaughter, and on the correlation between the HCB concentrations in the blood and those in the before mentioned types of tissues.

The animals under investigation were 40 fattened bulls, 52 dairy cows, 20 emergency-slaughtered cows, 20 heifers and 40 female calves of the breed "Deutsches Fleckvieh", 40 male and 40 female hogs of the breed "Deutsche Landrasse", and 14 merino sheep. All animals were randomly selected from the producing areas supplying the Munich and Ingolstadt abattoirs.

The blood and tissue specimens were taken from January to March 1978 (winter feeding), during May 1978 (spring feeding: pastures and roughages mixed), and from July to September 1978 (summer feeding), and were analysed gaschromatographically for hexachlorobenzene.

The most important results may be summarized as follows:

1. All animals taken into account, the average maximum concentrations of HCB residue based on fat were determined to be 0.371 ppm in the liver, 0.357 ppm in muscular tissue, and 0.169 ppm in adipose tissue, and were thus below the permissible tolerance limit of 0.5 ppm.
2. The concentrations of HCB residue decrease from adipose tissue to muscular tissue, liver and blood at a ratio of 233:17:12:1, respectively.
3. Summer feeding results in smaller amounts of HCB residue than winter feeding. Hogs and young cattle retain more hexachlorobenzene than full-grown cattle. Cows show lower concentrations of HCB residue than the remaining groups of cattle.
4. A correlation was found to exist between the hexachlorobenzene residue present in the blood and that present in the other types of body tissue analysed. It may be

described by a linear regression of the form $C_{\text{blood}} = b \cdot C_{\text{tissue}}$ (b: regression coefficient, C: concentration). The regression coefficients for adipose tissue, muscular tissue and liver were determined to be 0.0043 ± 0.0000 , 0.0580 ± 0.0075 , and 0.0863 ± 0.0087 , respectively.

5. Solving the given regression equation for the HCB concentration in tissue (C_{tissue}) and introducing the regression coefficients found, permits an estimate of the HCB concentrations in the adipose tissue, muscular tissue and liver of *l i v i n g* animals for slaughter by simply performing a blood test.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

- 1) Acker L, Über das Vorkommen chlorierter Koh-
Schulte E lenwasserstoffe im menschlichen
 Fettgewebe und in Humanmilch
 Dtsch.Lebensmitt.Rdsch. 66, 385-390,
 1970

- 2) Acker L, Zum Vorkommen von Hexachlorbenzol und
Schulte E polychlorierten Biphenylen neben chlo-
 rierten Insektiziden in menschlichem
 Fettgewebe und in Humanmilch
 Ernährungsforsch. 16, 559-567, 1971

- 3) Acker L, Chlorkohlenwasserstoffe im menschli-
Schulte E chen Fett
 Naturwiss. 61, 32, 1974

- 4) Ahling B, Thermal destruction of PCB and hexa-
Lindskog A chlorobenzene
 Sci.Total Environ. 10, 51-59, 1978

- 5) Albro PW, Intestinal absorption of hexachloro-
Thomas R benzene and hexachlorocyclohexane
 isomers in rats
 Bull.Environ.Contam.Toxicol. 12,
 289-294, 1974

- 6) Andrews JE, Inter- and intralitter variation of
Courtney KD hexachlorobenzene (HCB) deposition
 in fetuses
 Toxicol.Appl.Pharmacol. 37, 128, 1976

- 7) Attig D, Die Bestimmung einiger Biozide im
Eichner K, Kalbfleisch
Heffter A, Schlacht- und Viehhof-Zeitung 73,
Oberdieck R, 253-265, 1973
Vöcks R,
Walther G

- 8) Avrahami M Hexachlorobenzene: IV. Accumulation
and elimination of HCB in pigs
after oral dosing
NZ J.Exp.Agr. 3, 285-287, 1975

- 9) Avrahami M,
Steele RT Hexachlorobenzene: I. Accumulation
and elimination of HCB in sheep
after oral dosing
NZ J.Agric.Res. 15, 476-481, 1972

- 10) Avrahami M,
Steele RT Hexachlorobenzene: II. Residues in
laying pullets fed HCB in their diet
and the effects on egg production,
egg hatchability, and on chickens
NZ J.Agric.Res. 15, 482-488, 1972

- 11) Avrahami M,
Steele RT Hexachlorobenzene: III. The effects
of feeding HCB to growing chickens
NZ J.Agric.Res. 15, 489-494, 1972

- 12) Baum F,
Conrad B Greifvögel als Indikatoren für Ver-
änderungen der Umweltbelastung durch
chlorierte Kohlenwasserstoffe
Tierärztl.Umschau 33, 661-668, 1978

- 13) Bjorseth A,
Lunde G,
Dybing E Residues of persistent chlorinated
hydrocarbons in human tissues as
studied by neutron activation analy-
sis and gas chromatography
Bull.Environ.Contam.Toxicol. 18,
581-587, 1977

- 14) Brady MN,
Siyali DS Hexachlorobenzene in human body fat
Med.J.Aust. 1, 158-161, 1972

- 15) Burns JE,
Miller FM Hexachlorobenzene contamination:
Its effects in a Louisiana popula-
tion
Arch.Environ.Health 30, 44-48, 1975

- 16) Burns JE, Miller FM, Gomes ED, Albert RA Hexachlorobenzene exposure from contaminated DCPA in vegetable spraymen
Arch.Environ.Health 29, 192-194, 1974

- 17) Cerna E, Picmanova B, Hruska J, Kocianova M, Dolezalek J Chlorovane pesticidy v mlecnych vyrobcich z vychodoceske oblasti (Chlorinated pesticides in milk products from an eastern Bohemian region)
Prum.Potravin 27, 455-457, 1976

- 18) Clauß B, Acker L Zur Kontamination von Milch und Milcherzeugnissen mit chlorierten Kohlenwasserstoffen im westfälischen Raum, II. Ergebnisse und Diskussion
Z.Lebensm.Unters.-Forsch. 159, 129-137, 1975

- 19) Courtney KD, Copeland MF, Robbins A The effects of pentachloronitrobenzene, hexachlorobenzene, and related compounds on fetal development
Toxicol.Appl.Pharmacol. 35, 239-256, 1976

- 20) Curley A, Burse VW, Jennings RW, Villanueva EC, Tomatis L, Akazaki K Chlorinated hydrocarbon pesticides and related compounds in adipose tissue from people of Japan
Nature 242, 338-340, 1973

- 21) Dane E, Wille F Substitutionsreaktionen an aromatischen Systemen
in: Kleines chemisches Praktikum
Weinheim: Verlag Chemie, 1971

- 22) Den Tonkelaar EM, Hexachlorobenzene toxicity in pigs
Verschuuren HG, Toxicol.Appl.Pharmacol. 43, 137-145,
Bankovska J, 1978
De Vries T,
Kroes R,
Van Esch GJ
- 23) Dorn P, Rückstandsuntersuchungen auf chlo-
Knöppler HO rierte Kohlenwasserstoffe und Um-
weltchemikalien an Eiern und Geflü-
gelfleisch
Berl.MüncH.Tierärztl.Wschr. 90,
137-140, 1977
- 24) Downey WK Pesticide residues in milk. IDF 55.
Annual Session
Dublin Bull. II, 1, 1971
- 25) Dunn J, Bioaccumulation of PCNB and HCB in
Reed D, poultry
Booth NH, Poult.Sci. 56, 1710, 1977
Bush PB
- 26) Engst R, Identifizierung von Metaboliten und
Macholz RM, der Abbauweg des Hexachlorbenzols
Kujawa M in einer Schimmelpilzkultur
Die Nahrung 19, 603-606, 1975
- 27) Engst R, The metabolism of hexachlorobenzene
Macholz RM, (HCB) in rats
Kujawa M Bull.Environ.Contam.Toxicol. 16,
248-252, 1976
- 28) Ewald P, Zur Pestizidbelastung von Fleisch -
Forschner E, Orientierende Untersuchungen an
Wolf HO Schlachttieren und verschiedenen
Wildarten
Dtsch.Tierärztl.Wschr. 83, 337-340,
1976

- 29) Faßbender CP, Experimentelle Untersuchungen zur
Alvarez AR, Festlegung von geeigneten Probenent-
Wenzel S nahmestellen für Hexachlorbenzol (HCB)-
Rückstände bei Mastschweinen
Arch.Lebensmittelhyg. 28, 218-223,
1977

- 30) Fries GF, Hexachlorobenzene retention and
Marrow GS excretion by dairy cows
J.Dairy Sci. 59, 475-480, 1976

- 31) Fries GF, Distribution of hexachlorobenzene
Marrow GS residues in beef steers
J.Anim.Sci. 45, 1160-1165, 1977

- 32) Gralla EJ, Toxic effects of hexachlorobenzene
Fleischman RW, after daily administration to beagle
Luthra YK, dogs for one year
Hagopian M, Toxicol.Appl.Pharmacol. 40,
Baker JR, 227-239, 1977
Esber H,
Marcus W

- 33) Gropp J, Aktuelle Problematik der Rückstände
Kölling K in vom Tier stammenden Nahrungsmit-
teln
Schlacht- und Viehhof-Zeitung 74,
173-180, 1974

- 34) Hansen LG, Effects and residues of dietary
Wilson DW, hexachlorobenzene in growing swine
Byerly CS, J.Toxicol.EnvIRON.Health 2, 557-567,
Sundlof SF, 1977
Dorn SB

- 35) Heeschen W, Rückstände chlorierter Kohlenwasser-
Blüthgen A, stoffe in Milch und Milchprodukten -
Tolle A Situation und Bewertung
Zbl.Bakt.Hyg. 162, 188-197, 1976

- 36) Höchstmengenver-
ordnung für tieri-
sche Lebensmittel
Verordnung über Höchstmengen an DDT
und anderen Pestiziden in oder auf
Lebensmitteln tierischer Herkunft
vom 15.11.73
BGBI I, 1710-1713, 1973
- 37) Iatropoulos MJ,
Milling A,
Müller WF,
Nohynek G,
Rozman K,
Coulston F,
Korte F
Absorption, transport and organo-
tropism of dichlorobiphenyl (DCB),
dieldrin, and hexachlorobenzene
(HCB) in rats
Environ.Res. 10, 384-389, 1975
- 38) Jansson B,
Bergman A
Sulfur-containing derivatives of
hexachlorobenzene (HCB) - metabo-
lites in the rat
Chemosphere 7, 257-268, 1978
- 39) Kan CA,
Tuinstra LGMT
Accumulation and excretion of cer-
tain organochlorine insecticides in
broiler breeder hens
J.Agric.Food Chem. 24, 775-778, 1976
- 40) Klimmer OR
Hexachlorbenzol
in: Pflanzenschutz- und Schädlings-
bekämpfungsmittel. Abriß einer Toxi-
kologie und Therapie von Vergiftun-
gen, 54
Hattingen: Hundt-Verlag, 1971
- 41) Knöppler HO
Pestizidrückstände in tierischen
Lebensmitteln
Die Fleischwirtschaft 56, 1643-1646,
1976
- 42) Knöppler HO,
Donnerbauer HJ,
Philipp A
Untersuchung von Schlachtschweinen
auf Pestizid- und Arsenrückstände
Die Fleischwirtschaft 55, 1460-1462,
1975

- 50) Kuiper-Goodman T, Grant DL, Moodie CA, Korsrud GO, Munro IC Subacute toxicity of hexachlorobenzene in the rat
Toxicol.Appl.Pharmacol. 40, 529-549, 1977
- 51) Lora RP, Marteache AH, Villar LMP, Gimenez RL, Villarejo MJ, Perez JI Investigaciones sobre la contaminacion por hexaclorobenzeno (HCB) de la leche natural de vaca de la region sur de Espana
(Investigations into contamination by hexachlorobenzene (HCB) in natural cow's milk in the south of Spain)
Archivos de zootecnia 26, 45-63, 1977
- 52) Lui H, Sweeny GD Hepatic metabolism of hexachlorobenzene in rats
FEBS Lett. 51, 225-226, 1975
- 53) Lunde G, Bjorseth A Human blood samples as indicators of occupational exposure to persistent chlorinated hydrocarbons
Sci.Total Environ. 8, 241-246, 1977
- 54) Luquet FM, Goursaud J, Casalis J Pollution des laits et produits laitiers en France per les residus de pesticides organochlores. Evolution. Origine. Lutte
(Pollution of French milk and dairy products by organochlorine pesticide residues. Evolution, Origin, Control)
Alim.Vie 67, 3-11, 1975
- 55) Mahelova E, Uhnak J, Sackmauerova M Hexachlorobenzene residues in the living environment
Cesk.Hyg. 22, 279-285, 1977

- 56) Martin H, Hexachlorobenzene
Worthing CR in: Pesticide Manual, 5th Ed., 297,
Hrsg: British Crop Protection Council
Nottingham: Boots Company LTD., 1977
- 57) Meemken HA Rückstände von Pestiziden in fetthal-
 tigen Lebensmitteln unter besonderer
 Berücksichtigung der tierischen und
 pflanzlichen Fette und Öle
 Fette-Seifen-Anstrichm. 77, 290-296,
 1975
- 58) Mehendale HM, Metabolism and effects of hexachloro-
Fields M, benzene on hepatic microsomal enzymes
Matthews HB in the rat
 J.Agr.Food Chem. 23, 261-265, 1975
- 59) Mendoza CE, Hexachlorobenzene residues and effects
Collins B, on esterase activities in pre-wean-
Shields JB, ling rats after a reciprocal transfer
Laver GW between HCB-treated and control dams
 Arch.Toxicol. 38, 191-199, 1977
- 60) Mendoza CE, Effects of hexachlorobenzene or hexa-
Collins BT, bromobenzene on body and organ
Shields JB, weights of preweanling rats after a
Laver GW reciprocal transfer between the
 treated and control dams
 J.Agr.Food Chem. 26, 941- 945, 1978
- 61) Metcalf RL, Model ecosystem studies of the envi-
Kapoor IP, ronmental fate of six organochlorine
Schuth CK, pesticides
Sherman P Environ.Hlth.Perspect. 4, 35, 1973
- 62) Meyer H Die Bedeutung des Lebensmittelchemi-
 kers aus der Ernährungsindustrie für
 den Umweltschutz
 Dtsch.Lebensmitt.Rdsch. 70, 24-27,
 1974

- 63) Morita M,
Oishi S
Clearance and tissue distribution
of hexachlorobenzene in rats
Bull.Environ.Contam.Toxicol. 14,
313-318, 1975
- 64) Neumüller OA
Hexachlorbenzol
in: Römpps Chemie-Lexikon Band III,
7. Auflage, 1463,
Stuttgart: Franckh'sche Verlags-
buchhandlung, 1973
- 65) Newton RG,
Greene NC
Organochlorine pesticide residue
levels in human milk - Victoria,
Australia - 1970
Pesticid Monit.J. 6, 4-8, 1972
- 66) Nouws JFM,
Ziv G
Pre-slaughter withdrawal times for
drugs in dairy cows
J.vet.Pharmacol.Ther. 1, 47-56, 1978
- 67) Parke DV,
Williams RT
Studies in detoxication. 81. The
metabolism of halogenobenzenes:
(a) Penta- and hexachlorobenzenes.
(b) Further observations on 1:3:5-
trichlorobenzene
Biochem.J. 74, 5-9, 1960
- 68) Perkow W
Fungizide: Hexachlorbenzol
in: Wirksubstanz der Pflanzenschutz-
und Schädlingsbekämpfungsmittel
Berlin: Verlag Paul Parey, 1971
- 69) Pesendorfer H,
Eichler I,
Glofke E
Orientierende Untersuchungen über
Rückstände an DDT, anderen Organo-
chlorpestiziden und PCB's in Human-
fettproben
Wien.klin.Wschr. 85, 218-222, 1973

- 70) Reed DL, Booth NH, Bush PB, Goetsch DD, Kiker J Residues in broiler chickens fed low levels of hexachlorobenzene Poult.Sci. 56, 908-911, 1977
- 71) Renner G, Schuster KP Short communication: 2,4,5-tri-chlorophenol, a new urinary metabolite of hexachlorobenzene Toxicol.Appl.Pharmacol. 39, 355-356, 1977
- 72) Richter E, Schmid A Hexachlorbenzolgehalt im Vollblut von Kindern Arch.Toxicol. 35, 141-147, 1976
- 73) Rohleder K, Rohr K, Daenicke R Untersuchungen zum Übergang von Hexachlorbenzol (HCB) in Kuhmilch Milchwiss. 31, 416-419, 1976
- 74) Rozman K, Mueller W, Iatropoulos M, Coulston F, Korte F Ausscheidung, Körperverteilung und Metabolisierung von Hexachlorbenzol nach oraler Einzeldosis in Ratten und Rhesusaffen Chemosphere 4, 289-298, 1975
- 75) Rozman K, Mueller W, Coulston F, Korte F Long-term feeding study of hexachlorobenzene in rhesus monkeys Chemosphere 6, 81-84, 1977
- 76) Rozman K, Mueller WF, Coulston F, Korte F Chronic low dose exposure of rhesus monkeys to hexachlorobenzene (HCB) Chemosphere 7, 177-184, 1978
- 77) Schmid A Ein- und Ausbaukinetik von Clophen A 60 bei Legehennen Arch.Pharmacol. 297 (S II), 79, 1977

- 86) Van den Hoek J, The excretion of six organochlorine
Salverda MH, pesticides into the milk of the
Tuinstra LGMT dairy cow after oral administration
Neth.Milk Dairy J. 29, 66-78, 1975
- 87) Villar LMP, Estudio de la contaminacion por el
Marteache AH, fungicida hexaclorobenzeno (HCB)
Gimenez RL, de mantequillas Espanolas
Villarejo MJ, (A study into hexachlorobenzene (HCB)
Perez JI, fungicide contamination in Spanish
Lora RP butter)
Archivos de zootecnia 26, 89-95,
1977
- 88) Villeneuve DC The effect of food restriction on
the redistribution of hexachloro-
benzene in the rat
Toxicol.Appl.Pharmacol. 31,
313-319, 1975
- 89) Villeneuve DC, Placental transfer of hexachloroben-
Panopio LG, zene in the rabbit
Grant DL Environ.Physiol.Biochem. 4,
112-115, 1974
- 90) Villeneuve DC, Effect of food deprivation on low
Van Logten MJ, level hexachlorobenzene exposure in
Den Tonkelaar EM, rats
Greve PA, Sci.Total Environ. 8, 179-186, 1977
Vos JG,
Speijers GJA,
Van Esch GJ
- 91) Vogt H, Beeinflußt ein Hexachlorbenzolge-
Torges HG, halt im Legehennenfutter die Lei-
Steinke L stungen der Tiere?
Archiv für Geflügelkunde 5,
184-187, 1975

- 92) Vos JG,
Breeman HA,
Benschop H
The occurrence of the fungicide
hexachlorobenzene in wild birds
and its toxicological importance.
A preliminary communication
Meded.Fac.Landbouwwetensch.Rijksuniv.
Gent 33, 1263-1268, 1968
- 93) Vreman K,
Poortvliet LJ
Der Übergang von sechs chlorierten
Pestiziden in die Milch
Z.Tierphysiol.Tierernähr.Futtermittel-
kunde 38, 342, 1977
- 94) Wegman RCC,
Greve PA
Levels of organochlorine pesticides
and inorganic bromides in human milk
Meded.Fac.Landbouwwetensch.Rijksuniv.
Gent 39, 1301-1310, 1974
- 95) Weil L,
Dure G,
Quentin KE
Wasserlöslichkeit von insektiziden
chlorierten Kohlenwasserstoffen und
polychlorierten Biphenylen im Hinblick
auf eine Gewässerbelastung mit diesen
Stoffen
Wasser- und Abwasser-Forschung 6,
169-175, 1974
- 96) Windholz M,
Budavari S,
Stroumtsos LY,
Fertig MN
Hexachlorobenzene
in: The Merck Index, 9th Ed., 612,
Rahway (USA): Merck & Co., Inc.,
1976
- 97) Yang RSH,
Pittman KA
Fate of (¹⁴C)hexachlorobenzene in
the rhesus monkey and the rat
Toxicol.Appl.Pharmacol. 33, 147,
1975

Für die Überlassung des Themas sowie für seine
wissenschaftliche Anleitung und stets bereitwillige
Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit
danke ich Herrn Prof. Dr. A. Schmid herzlichst.

LEBENS LAUF

Geburtstag: 8.9.1949

Geburtsort: Rieshofen, Lkr. Eichstätt

Eltern: Anna Bauer, geb. Schneider
Simpert Bauer, Landwirt

Familienstand: verheiratet seit 1977 mit der
Graph. Zeichnerin Anna Elisabeth
Bauer, geb. Mayer

Schulausbildung: 1955 bis 1963 Volksschule
1963 bis 1966 Landw. Berufsschule
1967 Landw. Gehilfenprüfung
1967 bis 1971 Vorkurs mit an-
schließender Ingenieurschule
für Landbau in Schönbrunn
bei Landshut
1971 Ingenieurprüfung

Grundwehrdienst: 1971 bis 1972 (18 Monate)

Studium: ab Wintersemester 1972 Studium
der Veterinärmedizin am Fachbe-
reich Tiermedizin der Ludwig-
Maximilians-Universität München

Staatsexamen: 1977 in München

Approbation: 1977

